

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,
Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

Experimentální výzkum alkalicko-křemičité reaktivnosti vulkanických hornin

Experimental study of alkali-silica reactivity of volcanic rocks

Diplomová práce

Zuzana Seidlová



Vedoucí diplomové práce: Doc. Mgr. Richard Přikryl, Dr.
Konzultant: Mgr. Šárka Lukschová, PhD.

Praha 2010

ABSTRAKT

Alkalicko-křemičitá reakce (ASR) je i v dnešní době významným problémem v oblasti betonářství. V roce 1940 byla poprvé popsána Stantonem a do dnešní doby velice postoupilo zkoumání výskytu alkalicko-křemičité reakce v kamenivu. I přes tyto poznatky není vše vyřešeno a nejsou známy všechny příčiny a důsledky této reakce. Pro rozpoznání alkalicko-křemičité reakce v kamenivu slouží celá řada metod, jsou to petrografické, chemické metody a dilatační zkoušky, které zkoumají rozpínání betonu v důsledku reaktivnosti kameniva.

Petrografické metody hodnotí kvalitativní a kvantitativní znaky kameniva, ale nemohou zaručit, zda nakonec kamenivo přece jen nezpůsobí reakci. Chemické zkoušky a dilatační zkoušky stanovují takzvaný potenciál reakce (nereaktivní, potenciálně reaktivní a reaktivní kamenivo), ale i ty mají své chyby a nemohou být brány jako 100 % ukazatel přítomnosti alkalicko-křemičité reakce v kamenivu.

V práci jsou popsány obecné charakteristiky alkalicko-křemičité reakce kameniva, její mechanismy a faktory ovlivňující její vznik. Je popsáno porušení betonu, ve kterém je použito některých vulkanických hornin, ty jsou v některých pracích uváděny jako potenciálně reaktivní alkalicko-křemičitou reakcí.

Dále se zabývá samotným laboratorním výzkumem alkalicko-křemičité reakce. Bylo vybráno 28 lomů produkujících drcené kamenivo z vulkanitů. Vulkanické horniny byly vybrány, protože jsou považovány některými vědci za potenciálně reaktivní. Většina vybraných hornin jsou označovány jako neovulkanity, některé pak paleovulkanity. Na začátku byly zjištěny hodnoty rozpínání maltových trámečků ve výzkumném ústavu v Hořicích v Podkrkonoší. Podle těchto zjištěných informací byly vybrány více reaktivní vzorky (hodnota expanze $> 0,1$) a dále zkoumány v laboratoři.

Laboratorní výzkum zahrnoval mikroskopický popis výbrusů trámečků, přípravu gel pat (koláčkového) testu a mikroskopický popis výbrusů koláčků. Pomocí analýzy obrazu (program SigmaScan Pro 5) a mikroskopických fotografií je vyhodnocen procentuální poměr přítomnosti alkalicko-křemičitého gelu ve výbrusech.

Z výzkumu pak vyplývá, že vybrané vzorky jsou ve větší části potenciálně reaktivní díky svým hodnotám expanze trámečků a výsledkům obsahu alkalicko-křemičitého gelu $> 0,10$ obj. %. A je třeba je podrobněji zkoumat před použitím v betonech nebo použít případně přísad do betonu, aby se reakci zabránilo.

Z výzkumu je také patrný vliv hydroxidových roztoků, které se používají při koláčkových zkouškách a ve kterých vzorky setrvávají od 14-ti dní až do 1 měsíce. Je vidět, že roztoky tvořené pouze NaOH mají větší vliv na přítomnost alkalicko-křemičitého gelu ve výbrusech, ale naopak snižují hodnotu měrné délky trhlin, zatímco vzorky z roztoku KOH mají hodnoty měrné délky trhlin vyšší.

Z práce je vidět, že i doplňková metoda jako je koláčkový test může částečně přispět k výzkumu alkalicko-křemičité reakce. A je otázkou, zda by se jí nemělo zabývat v budoucnu více a rozvinout ji potřebám výzkumu.

SUMMARY

Even today, alkali-silica reaction (ASR) is a significant problem in concrete-making industry. It was first described in 1940 by Stanton and since then the study of alkali-silica reaction of aggregates has proceeded notably. Despite these findings, not everything has been resolved and not all the causes and consequences of this reaction are known. To detect the alkali-silica reaction in the aggregates many methods are used, such as petrographic methods, chemical methods, and expansion tests, which examine the expansion of concrete due to the reactivity of aggregates.

Petrographic methods evaluate qualitative and quantitative characteristics of aggregates but can not guarantee whether they still do not cause the reaction. Chemical tests and expansion tests provide so-called potential response (non-reactive, reactive and potentially reactive aggregates), but even they have their errors and can not be taken as a 100% indicator of the presence of alkali-silica reaction of aggregates.

The thesis describes the general characteristics of alkali-silica reaction of aggregates, the mechanisms and the factors influencing its formation. It describes the fraction of the concrete in which some volcanic rocks have been used, and which are in some works identified as potentially reactive by the alkali-silica reaction.

It also deals with the actual laboratory research of the ASR. About 28 quarries producing crushed stone from the volcanic rocks were selected. Volcanic rocks were chosen because they are considered by some scientists to be potentially reactive. Most of the selected rocks are known as neovolcanites, some as paleovolcanites. In the beginning the values of the expansion of the mortar bar were found in the Research Institute in Horice. According to the received information, more reactive samples (the value of the expansion > 0.1) were selected and further examined in the laboratory.

The laboratory research involved microscopic description of the mortar bar cuts, preparation of the gel-pat test and a microscopic description of the cake cuts. By the image analysis (program SigmaScan Pro 5) and microscopic images the percentage rate of the presence of alkali-silica gel in thin sections was evaluated.

The research has shown that the selected samples are for the most part potentially reactive because of their mortar bars expansion values and the results of the content of alkali-silica gel > 0.10 vol%. It is necessary to examine them in more detail before using in concrete or concrete additives to prevent the potential reaction.

The research has also proved an evident influence of hydroxide solutions which are used in gel-pat tests and in which the samples are kept from two weeks to one month. It can be seen that solutions consisting of only hydroxide have a greater influence on the presence of alkali-silica gel in thin sections, but they, on the contrary, reduce the value of the specific length of cracks, while samples of the KOH solution have higher values of the specific length of cracks.

The thesis shows that even an additional method, eg. gel-pat test, may partly contribute to the alkali-silica reaction research. Therefore, a question arises whether it should not be dealt with more thoroughly in the future and thereby develop it for the needs of further research.

OBSAH:

| | |
|--|----|
| 1. ÚVOD | 1 |
| 2. OBECNĚ O ALKALICKO-KŘEMIČITÉ REAKCI | 2 |
| 2.1 Charakteristika alkalicko-křemičité reakce | 2 |
| 2.1.1 Faktory ovlivňující alkalicko-křemičitou reakci | 2 |
| 2.1.2 Mechanismus reakce a rozpínání | 4 |
| 2.1.3 Projevy alkalicko-křemičité reakce v betonu | 5 |
| 2.2 Metodika zkoušení kameniva | 6 |
| 2.2.1 Petrografické hodnocení kameniva | 6 |
| 2.2.2 Chemické metody | 9 |
| 2.2.3 Trámečkové metody | 9 |
| 3. STUDOVANÉ HORNINY | 11 |
| 4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST | 18 |
| 4.1 Petrografické hodnocení kameniva | 18 |
| 4.2 Zkouška rozpínivosti na maltových vzorcích | 18 |
| 4.3 Koláčková zkouška (Gel-pat test) | 19 |
| 4.4 Mikroskopické metody | 20 |
| 4.5 Analýza obrazu | 20 |
| 5. VÝSLEDKY | 22 |
| 5.1 Trámečková zkouška (podle ASTM C1260) | 22 |
| 5.2 Výzkum trámečkových těles pomocí optické mikroskopie | 24 |
| 5.3 Výzkum koláčkových těles pomocí optické mikroskopie | 25 |
| 6. DISKUZE | 26 |
| 6.1 Zhodnocení reaktivnosti kameniva podle trámečkových zkoušek | 26 |
| 6.2 Zhodnocení reaktivnosti kameniva podle koláčkových zkoušek | 27 |
| 6.3 Srovnání přítomnosti alkalicko-křemičitých gelů v trámečkových a koláčkových tělesech | 29 |
| 7. ZÁVĚR | 32 |
| 8. LITERATURA | 33 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Schéma hodnocení dle RILEM.

Obr. 2. Schéma popisující postup vyhodnocení modálního složení výbrusů pomocí analýzy obrazu.

Obr. 3. Mapa odebíraných ložisek pro potřeby výzkumu přítomnosti ASR ve vulkanitech.

Obr. 4. Rozpůlený trámeček po vytvoření 2 výbrusů.

Obr. 5. Zobrazení postupu přípravy koláčků. Vlevo nahoře připravené cementové koláčky, vedle jsou koláčky naložené v hydroxidových roztocích a vpravo dole jsou již hotové výbrusy.

Obr. 6. Nascanovaný výbrus trámečku CZ 21 Těškov.

Obr. 7. (vlevo) Mikrofotografie alkalicko-křemičitého gelu v cementové matrix, vzorek CZ 21 (Těškov - ryolit), Obr. 8. (vpravo) Mikrofotografie trhliny doprovázející tvorbu alkalicko-křemičitých gelů v cementové matrix, vzorek CZ 21 (Těškov - ryolit).

Obr. 9 (vlevo) Scan výbrusu trámečku CZ 13 Krásný les, kratší strana výbrusu 25 mm.

Obr. 10 (vpravo) Scan výbrusu koláčku CZg 23 Chrtínky, delší strana výbrusu 40 mm.

Obr. 11 Pomocí optického mikroskopu je vyznačena přítomnost alkalicko-křemičitých gelů a případný výskyt trhlin, vzorek CZg 17 Libeč – Babí, delší strana obrázku – 40 mm.

Obr. 12. Analýza obrazu pomocí programu SigmaScan Pro 5, vzorek CZg 17 Libeč – Babí, delší strana výbrusu 20 mm.

Obr. 13. Dilatometrická zkouška rozpínavosti malty v trámečkách - bazalty.

Obr. 14. Dilatometrická zkouška rozpínavosti malty v trámečkách – spility, diabas.

Obr. 15. Dilatometrická zkouška rozpínavosti malty v trámečkách – ryolit, porfyr a fonolity.

Obr. 16. Korelace expanze trámečků a množství alkalicko-křemičitého gelu (ASG) v trámečkových tělesech.

Obr. 17. Mikroskopická identifikace alkalicko-křemičitého gelu na reaktivní typy kameniva - (vlevo) CZ 21 (Těškov - ryolit), (vpravo) CZ 25 (Zbraslav - spilit).

Obr. 18. (vlevo) Gel a trhlina na mikrofotografii z optického mikroskopu, výbrus CZg 25 Na (Zbraslav – spilit); (vpravo) část úlomku a cementové matrix bez projevů ASR, optický mikroskop, výbrus CZg 29 (Libochovany - bazalt).

Obr. 19. Korelace mezi ASG v koláčcích, které byly uloženy v NaOH/KOH a pouze v NaOH roztoku. Červené body jsou vzorky se zpožděnou expanzí.

Obr. 20. Korelace přítomnosti alkalicko-křemičitých gelů (ASG) v trámečkových a koláčkových tělesech urychlovaných v roztoku NaOH. Červené body jsou vzorky se zpožděnou expanzí.

Obr. 21. Alkalicko-křemičitý gel přítomný ve výbrusu trámečku CZ 17 (Libeč-Babí – melafyr) .

Obr. 22. Mikrofotografie z optické mikroskopie vzorků, které byly ponechány v roztoku NaOH/KOH (vlevo) a pouze v NaOH (vpravo).

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Informativní rozdělení hornin podle reaktivnosti kameniva s alkáliemi.

Tab. 2. Popis vybraných lokalit.

Tab. 3. Hodnoty expanze pro jednotlivé trámečky I.

Tab. 4. Hodnoty expanze pro jednotlivé trámečky II.

Tab. 5. Výsledky vyhodnocení přítomnosti alkalicko–křemičitého gelu (ASG) a měrné délky trhlin ve výbrusech z trámečkových těles.

Tab. 6. Výsledky vyhodnocení přítomnosti alkalicko-křemičitých gelů (ASG) ve výbrusech z koláčkových těles.

Tab. 7. Srovnání obsahu alkalicko-křemičitého gelu (ASG), měrné délky trhlin a naměřené expanze trámečkových zkoušek.

Tab. 8. Porovnání výsledků koláčkových zkoušek, celkový objem gelu, měrná délka trhlin a expanze.

Tab. 9. Srovnání celkových obsahů alkalicko-křemičitých gelů (ASG) a trhlin v trámečkových a koláčkových tělesech (označení „g“ v čísle vzorku).

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ASG - Alkalicko-křemičitý gel

ASR - Alkalicko-křemičitá reakce

ÚGMNZ - Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů Univerzity Karlovy

TP - technický předpis

SEZNAM PŘÍLOH ZA TEXTOVOU ČÁSTÍ

Příloha I - XXVIII. Stanovení alkalické rozpínivosti kameniva - dilatometrická zkouška rozpínání cementové malty.

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří Doc. Mgr. Richardu Přikrylovi, Dr. za jeho trpělivé vedení diplomové práce, děkuji Mgr. Šárce Lukschové, PhD z ÚGMNZ PřF UK za přínosné konzultace a rady. Dále děkuji pracovníkům ze Zkušebny kamene a kameniva v Hořicích, kteří vytvářeli expanzní zkoušky na trámečkových tělesech. Také děkuji firmě Diatech s.r.o. za tvorbu výbrusů pro potřeby mikroskopie. Tato práce byla zpracována pod záštitou výzkumného záměru MŠM č. 0021620855 - Mechanismy transportu látek ve svrchních sférách Země a financována z grantu MŽP - Vytvoření databáze pro oceňování vlastností hornin používaných pro výrobu drceného kamene.

1. ÚVOD

Diplomová práce nazvaná „Experimentální výzkum alkalicko-křemičité reaktivnosti vulkanického kameniva“ byla zpracována v rámci výzkumného projektu MŽP: Vytvoření databáze pro oceňování vlastností hornin používaných pro výrobu drceného kamene (řešitel: Doc. Mgr. Richard Přikryl, Dr.).

Poškození betonu alkalicko-křemičitou reakcí je stále aktuální problém, kterým se zabývají vědci již od roku 1940. Metody a výzkum se stále vyvíjí a je více vědeckých poznatků o vzniku poškození díky alkalicko-křemičité reakci, ale ani nyní nejsou známy všechny aspekty.

V úvodní části jsou popsány obecné charakteristiky alkalicko-křemičité reakce kameniva, její mechanismy a faktory ovlivňují její vznik. Je popsáno porušení betonu, ve kterém je použito některých vulkanických hornin, ty jsou v některých pracích uváděny jako potenciálně reaktivní alkalicko-křemičitou reakcí (ASR).

Druhá část diplomové práce se zabývá samotným laboratorním výzkumem ASR. Bylo vybráno okolo 28 lomů z České Republiky produkujících drcené kamenivo z vulkanitů. Vulkanické horniny byly vybrány, protože jsou považovány některými vědci za potenciálně reaktivní a pokrývají spotřebu drceného kamene v ČR z 1/3. Většina vybraných hornin je označována jako neovulkanity některé pak jako paleovulkanity. Na začátku byly zjištěny hodnoty rozpínání maltových trámečků ve výzkumném ústavu v Hořicích v Podkrkonoší. Podle těchto zjištěných informací byly vybrány více reaktivní vzorky (hodnota expanze $> 0,1$) a dále zkoumány v laboratoři pomocí dalších metod.

Laboratorní výzkum zahrnoval mikroskopický popis výbrusů trámečků, přípravu koláčkového (gel pat) testu a mikroskopický popis výbrusů koláčků. Pomocí analýzy obrazu (program SigmaScan Pro 5) a mikroskopických fotek je vyhodnocen procentuální poměr přítomnosti alkalicko-křemičitého gelu ve výbrusech.

Hlavní cílem diplomové práce bylo experimentální zkoumání náchylnosti vulkanických hornin k alkalicko-křemičité reakci. Cílem bylo pokusit se určit, které druhy vulkanických hornin by měly být před použitím v cementu blíže a přesněji zkoumány, právě kvůli své potenciální reaktivitě a pokusit se navrhnout metody, které by toto pomohly přesně a nejlépe určit. Dílčím cílem bylo také pokusit se aplikovat metodu koláčkových zkoušek pro tento výzkum, zda by byla dostatečně vypovídající a pomohla by k přesnějšímu určení reaktivity kameniva.

2. OBECNĚ O ALKALICKO-KŘEMIČITÉ REAKCI

Porušení betonu může být způsobováno různými mechanismy. Vznik porušení může být způsoben namáháním v tahu v důsledku vnějších sil, např. změnami objemu betonu nebo zatížením. Ke vzniku poruch může vést smrštění mladého betonu, změny teploty, koroze výztuže nebo působení mrazu. Velmi výrazné poškození betonu může také vzniknout v důsledku alkalické reakce kameniva s betonem (St John et al. 1998).

Alkalická reakce kameniva (AAR) je reakce mezi alkáliemi (sodíkem a draslíkem) v pórovém roztoku betonu a mezi minerály kameniva. Dle druhu reaktivního kameniva a mechanismů reakce, lze rozlišit dva základní druhy reakce:

- Alkalicko-karbonátová reakce (ACR - alkali-carbonate reaction) reakce alkálií, které se vyskytují mezi dolomitovými vápenci s příměsí jílu a alkalickými pórovými roztoky,
- alkalicko-křemičitá reakce (ASR - alkali-silica reaction), při které dochází k reakci alkálií s kamenivem obsahujícím různé reaktivní formy oxidu křemičitého (St John et al. 1998).

2.1 Charakteristika alkalicko-křemičité reakce

Již v roce 1940 byly prováděny výzkumy problematiky ASR v USA, Austrálii a Dánsku (Alderman et al. 1947), přičemž se potvrdil vztah mezi složením cementu, typem kameniva a poměrem mísení betonové směsi a rozpínáním.

Alkalicko-křemičitá reakce (ASR) byla poprvé zjištěna v betonových vozovkách v Kalifornii Stantonem et al. (1940) z California State Division of Highways. Stanton zjistil, že rozpínání a vznik trhlin je výsledkem působení cementu s vysokým obsahem alkálií na kamenivo ve zkušebních maltových trámečcích uložených v prostředí s velmi vysokou vlhkostí. Z výsledků experimentů vyvodil dva závěry:

- rozpínání vznikající v důsledku ASR v maltových trámečcích je zanedbatelné, když obsah alkálií v cementu je nižší než 0,6 % (obsah alkálií je vyjádřen jako ekvivalentní Na_2O , tj. $\% \text{Na}_2\text{O}_e = \% \text{Na}_2\text{O} + 0,658 \times \% \text{K}_2\text{O}$).
- částečná náhrada vysokoalkalického cementu vhodným pucolánem zabraňuje rozpínání.

2.1.1 Faktory ovlivňující alkalicko-křemičitou reakci

Podstatou ASR jsou chemické reakce. Aby tyto reakce nastaly, musí být přítomny hlavní reakční komponenty:

- Voda - aby ASR proběhla je nezbytná přítomnost dostatečného množství vlhkosti. Při poklesu vnitřní vlhkosti pod 80% reakce ustává. V případě, že v prostředí v okolí betonu je dostatek vlhkosti, pokračují reakce do té doby, až jsou reaktivní složky zcela zreagovány,
- reaktivní oxid křemičitý:
 - *Opál* - jeví se jako pravděpodobně nejreaktivnější minerál nacházející se v přírodě,
 - *Chalcedon* - vykazuje reaktivitu s alkáliemi,
 - *Křemen* - hrubě krystalická forma oxidu křemičitého je obvykle nereaktivní. Velmi poruchový křemen bývá přítomen v kvarcitech a rulách a dále deformovaný křemen vykazuje rovněž reaktivitu s alkáliemi,

- *Cristobalit* - řadí se k reaktivním minerálům, proto se doporučuje, aby byla věnována pozornost přítomnosti tohoto minerálu ve struskách, které mají být použity jako kamenivo do betonu,
- *Vulkanická skla* - v důsledku neuspořádané vnitřní struktury je lze považovat za reaktivní. Kyselá skla (obsahují více než 66 % SiO_2), skla středně kyselá (obsahují 52 až 65 % SiO_2) jsou reaktivní. Jejich reaktivita poklesá se snižujícím se obsahem SiO_2 ,
- *Vulkanické horniny* - kyselé a střední vulkanické horniny, které vykazují alkalickou reaktivitu, jsou např. některé ryolity, dacity, latity a andesity. Čediče obsahující skla s vysokým obsahem SiO_2 reagují s alkáliemi pomalu a způsobují v betonu rozpínání a vznik sítí trhlin typických pro ASR,
- *Jilovité břidlice, meta-droby, fylity a břidlice* - metamorfované sedimentární horniny, které mohou reagovat s alkáliemi v cementu a způsobit rozpínání a vznik trhlin (Chatterji 2005),
- teplota - není ještě přesně známo jakou měrou teplota rychlost ASR ovlivňuje. Ale obecně platí, že se vzrůstající teplotou se zvyšuje rychlost ASR,
- obsah alkálií a hydroxylových iontů v cementu - již v samotném počátku zkoumání ASR bylo zjištěno, že obsah alkálií v portlandském cementu má přímý vliv na sklon betonu k rozpínání (Stanton et al. 1940, 1942). Jde o dvě složky Na_2O a K_2O . Alkalický ekvivalent Na_2O_e se vypočítá takto: $\% \text{Na}_2\text{O} + 0,658 \times \% \text{K}_2\text{O}$. Limitní obsah Na_2O_e v cementu 0,60% se často uvádí jako faktor k zjištění minimalizace porušení betonu, je-li v něm přítomno reaktivní kamenivo. Tuthill (1980) doporučil nižší hodnotu alkalického ekvivalentu a to 0,40 %.

Nejzranitelnější části betonové konstrukce jsou ty, které jsou vystaveny působení vlhka a tepla. Praktické, ale i laboratorní případy potvrzují, že beton vystavený působení střídavého vysušování a nasycování vodou je mnohem náchylnější na nadměrné rozpínání v důsledku ASR, než beton vystavený setrvalé vlhku.

Alkalicko-křemičitá reakce rychle postupuje všude tam, kde se může zadržovat v konstrukci voda (např. dešťová nebo z tajícího sněhu). To platí zejména pro konstrukce bez ochrany. Obvykle jde o samostatně stojící stěny, trámy nebo parapety. Porušování těchto betonových prvků zasažených alkalicko-křemičitou reakcí se zvyrazňuje při působení mrazu a tání (Modrý et al. 2003).

Vznik trhlin rovněž nastává v betonu, který je ve styku s vlhkými zeminami (např. v základech staveb). Největší množství trhlin vzniká v místě styku betonu se zeminami na úrovni povrchu zemin, kde nastávají značné změny vlhčení a sušení.

Často se stává, že dalším faktorem urychlujícím ASR je chlorid sodný, který z vnějšku dodává sodík a chloridové ionty reagující za vzniku, např. chloroaluminátů. Soli v koncentracích srovnatelných s mořskou vodou pravděpodobně nevyvolávají ASR. Ale pokud koncentrace chloridu sodného překročí přibližně 5% (Chatterji 1978) (např. v důsledku odpaření vody), rychlost ASR se mimořádně zvýší. Urychlení ASR chloridem sodným bylo zjištěno na řadě vozovek, chodníků a parkovacích ploch. Nicméně byly také zveřejněny protichůdné názory (Bérubé et al. 1996). Fyzikální vlastnosti betonu mohou rovněž hrát rozhodující roli pro určení stupně a rychlosti porušování ASR. Bylo zjištěno, že provzdušnění snižuje míru rozpínání betonu při ASR. Avšak samotné provzdušnění nelze považovat za účinný prostředek zabráňující nadměrnému rozpínání v důsledku ASR.

TP 137 (2003) obsahuje informativní rozdělení hornin podle reaktivnosti kameniva s alkáliemi (Tab. 1.).

Tab. 1. Informativní rozdělení hornin podle reaktivnosti kameniva s alkáliemi. (TP 137, 2003).

| Reaktivnost | Skupina hornin | Petrografický druh |
|--|---|---|
| <i>Nízká</i> | Magmatické | Granit, granodiorit, gabro, čedič, melafyr, diabas, spilit, znělec |
| | Sedimentární - zpevněné - nezpevněné | Vápence bez přítomnosti rohovců, |
| | | Čistý křemitý písek (z druhohorních pískovců) |
| | Metamorfované | Granulit, amfibolit, hadec, krystalický vápenec |
| <i>Střední</i> | Magmatické | Ryolit, porfyr, porfyrít, melafyr s mandlovci |
| | Sedimentární - zpevněné - nezpevněné | Droba, slepencové droby |
| | | Písek, štěrkopísek (dle oblasti výskytu) |
| | Metamorfované | Pararula, ortorula, rohovec, metamorfované prachovce, prachovcové břidlice |
| <i>Vysoká</i> | Magmatické | Ryolit, porfyr, porfyrít, vulkanické sklo, sopečný tuf, andezit |
| | Sedimentární - zpevněné - nezpevněné | Droba, vápenec s rohovcem organického původu, křemenec, dolomit ¹⁾ |
| | | Písek, štěrkopísek (dle oblasti výskytu) |
| | Metamorfované | Rohovec, metadroba, bulžník, kvarcit, deformované křemenné agregáty, pararula, ortorula |
| Vysvětlivky: | | |
| ¹ U dolomitu se jedná o alkalicko – karbonátovou reakci - ACR (dedolomitizaci) s doprovodnou škodlivou objemovou změnou betonu - bez tvorby gelů. | | |

2.1.2 Mechanismus reakce a rozpínání

Hydroxylové ionty přítomné v pórové kapalině v betonu reagují chemicky s různými formami oxidu křemičitého přítomného v mnoha typech kameniva. Vyšší obsah sodíku a draslíku v betonu má za následek vyšší obsah hydroxylových iontů v pórové kapalině betonu, což způsobuje vyšší hodnotou pH. Čím vyšší je hodnota pH, tím intenzivnější je reakce pórové kapaliny s reaktivním oxidem křemičitým. Ten reaguje s alkáliemi za vzniku alkalicko-křemičitého gelu. Gel pohlcuje vodu a v důsledku toho bobtná. Bobtnání má za následek vznik expanzivních napětí, která působí na beton a vznikají trhliny. Lze pozorovat vznik reakčních prstenců kolem zrn kameniva s odlišnou barvou (Modrý et al. 2003).

Postupující tvorba gelu má za následek vznik trhlinek uvnitř zrn kameniva a ve hmotě cementové kaše obklopující zrna kameniva. Často jsou zřejmé trhliny na povrchu kameniva.

Monitorování rychlosti rozpínání konstrukce je často podstatné pro hodnocení celistvosti konstrukce. Pro tento účel byla vyvinuta celá řada metod, např. dlouhodobé měření délkových změn mezi referenčními záměrnými body na povrchu betonu. Toto měření by mělo reprezentovat celý konstrukční prvek.

Odprýsknutí z povrchu a výrony gelu na povrch betonu mohou být rovněž příznakem ASR, avšak samy o sobě nedemonstrují nadměrné rozpínání betonu. I když přítomnost gelu na povrchu betonu indikuje existenci ASR, neznamená to však, že se trhliny vytvořily v důsledku působení gelu při jeho

transportu k povrchu betonu. Změna typické barvy betonu podél trhlin často doprovází ASR, nicméně se může také objevit i z jiných příčin (např. při vyluhování). Odprýskaná místa v podobě malých kónických kráterů se mohou rovněž objevovat jako důsledek působení střídavého mrazu na betonech, které byly nasyceny vodou nebo tehdy, když se blízko povrchu nacházela pórovitá zrna kameniva.

Rychlost reakce alkálií s kamenivem je nízká a vnější znaky jako jsou výrony gelu, odprýsknutá místa, síť trhlin a objemové změny nemusí být zřejmé po řadu let. V některých ojedinělých případech se vznik gelu projevil, ale neprokázaly se poruchy. Avšak ve většině případů je vznik gelu doprovázen porušením konstrukcí v důsledku vznikajících expanzivních sil (Wang et al. 1991, Bennet 2004).

2.1.3 Projevy alkalicko-křemičité reakce v betonu

Jako nejznámější projev ASR by se dal považovat vznik trhlin na povrchu betonu, odprýskávání povrchu nebo posun částí konstrukčních prvků. Vývoj trhlin v betonových konstrukcích v důsledku ASR je způsoben zvětšením objemu, což způsobuje rozpínání trhlin. Odprýskání a výrony gelu na povrch betonu mohou také být příznakem ASR. I když přítomnost gelu na povrchu betonu ukazuje existenci ASR, neznamena to, že se vytvořily trhliny v důsledku působení gelu při jeho transportu k povrchu betonu. Trhliny mohou mít také jinou barvu než okolní beton, což poukazuje na přítomnost alkalicko-křemičité reakce. Toto ale není možné použít jako její jistý ukazatel, protože zbarvení může způsobit i např. vyluhování některých prvků. Odprýskání také není jasným důkazem ASR, může se objevovat jako důsledek působení střídavého mrazu na betonech, které byly nasyceny vodou.

Vnější projevy přesto nemusí být zapříčiněny jen vznikem ASR v betonových konstrukcích. Trhliny mohou vznikat namáháním betonu a působením vnějších sil. Vnějšími silami lze považovat objemové změny betonu (např. mrazové). Další možnost vzniku trhlin je smršťování mladého betonu, teplotní gradienty, koroze výztuže, působení vnějšího prostředí nebo typ přidávaného kameniva.

Metody, které se používají ke zkoušení kameniva (kap. 2.2), jsou podobné jako metody použitelné pro hodnocení betonů. Navíc k těmto metodám se u betonů provádějí ještě barvicí zkoušky:

a) Uranylacetátová metoda (Stark 1991, Bartoš 2003)

Uranylacetátová metoda spočívá v interakci roztoku uranylacetátu - $[\text{UO}_2(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]$ - v kyselině octové s alkalicko-křemičitými gely. Roztok uranylacetátu v kyselině octové se nanáší na povrch betonu. Přítomnost gelu lze pak po ozáření ošetřeného povrchu betonu UV světlem identifikovat podle fluorescenčních barev.

b) Hexonitrokobaltitanová metoda (Guthrie a Carey 1997)

Gel vznikající při alkalické reakci v betonu je obohacen K^+ a Na^+ . Hexonitrokobaltitan sodný - $\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$ - reaguje s draslíkem v alkalicko-křemičitém gelu za vzniku žluté sraženiny hexonitrokobaltitanu sodno draselného - $\text{K}_2\text{NaCo}(\text{NO}_2)_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Tam, kde jsou přítomny alkalicko-křemičité gely, se na zkoumané ploše betonu objeví žluté skvrny.

c) Rhodaminová metoda (Guthrie a Carey 1997)

Alkalicko-křemičité gely v průběhu doby mění složení. Typické je zejména zvýšení obsahu vápníku. Pro kvalitativní identifikaci přítomnosti tohoto druhu gelů bylo navrženo použití rhodaminu B - $(\text{C}_{28}\text{H}_{31}\text{N}_2\text{O}_3\text{Cl})$. Při nanesení roztoku rhodaminu B na povrch betonu se zbarví místo, kde jsou přítomny alkalicko-křemičité gely, bohaté na vápník růžově.

2.2 Metodika zkoušení kameniva

V několika posledních letech byla navržena řada metod schopných hodnotit, zda budou složky kameniva nebo betonových směsí náchylné k tvorbě alkalicko-křemičité reakce. Reaktivitu kameniva stanovují petrografické metody, chemické zkoušky a dilatační (trámečkové) zkoušky (Modrý et al. 2003).

Nejspolehlivějším způsobem stanovení citlivosti kameniva k ASR je ověření zkušeností s příslušným kamenivem v praxi. Toto ověření lze provést inspekci příslušných betonových konstrukcí existujících 10 let a déle.

Byla navržena řada zkoušek pro hodnocení odolnosti kameniva nebo kombinaci cementu a kameniva vůči působení alkálií. Obvykle jsou tyto zkoušky určeny pro hodnocení nových lokalit kameniva (Stark 1994).

2.2.1 Petrografické hodnocení kameniva

Potenciálně reaktivní složky kameniva lze identifikovat a kvantitativně určit petrografickým hodnocením. Petrografické zkoumání však nemůže předpovědět, zda přítomné potenciálně reaktivní materiály vskutku způsobí rozpínání. Petrografické zkoumání je vhodným postupem, který je možné použít před dalším hodnocením kameniva na nové lokalitě.

K petrografickému hodnocení se řadí i mikroskopické metody zkoumající výbrusy v polarizačním mikroskopu, což může odhalit přítomnost reaktivních částí. Pomocí petrografické analýzy se pozorují další kvalitativní znaky kameniva, které mohou přispívat k alkalicko-křemičité reakci (Dove 1995). V některých případech jsou vidět reakční produkty a průhledný alkalicko-křemičitý gel. Vzhled gelu může být proměnlivý v závislosti na tom, zda se gel nalézá uvnitř ztvrdlé cementové kaše nebo uvnitř zrna kameniva. Uvnitř zrna kameniva může mít gel zrnitý charakter, zatímco uvnitř kaše je sklovitý.

Pro identifikaci projevů alkalicko-křemičité reakce a zejména pro identifikaci alkalicko-křemičitých gelů byla vedle jejich chemického složení důležitá také jejich morfologie a vztah k okolním fázím. Alkalicko-křemičité gely lze pozorovat:

- v trhlinách procházejících úlomky a cementovým pojivem,
- na kontaktech některých úlomků s cementovým pojivem,
- jako úplné nebo částečné výplně pórů
- přímo v cementovém pojivu (Pertold et al. 2008).

Mezi petrografické analýzy lze zařadit metodu RILEM, která využívá ke kvantifikaci jednotlivých fází počítání bodů ve výbrusech. Je mezi ně možné zařadit také analýzu obrazu.

Petrografické metody jsou:

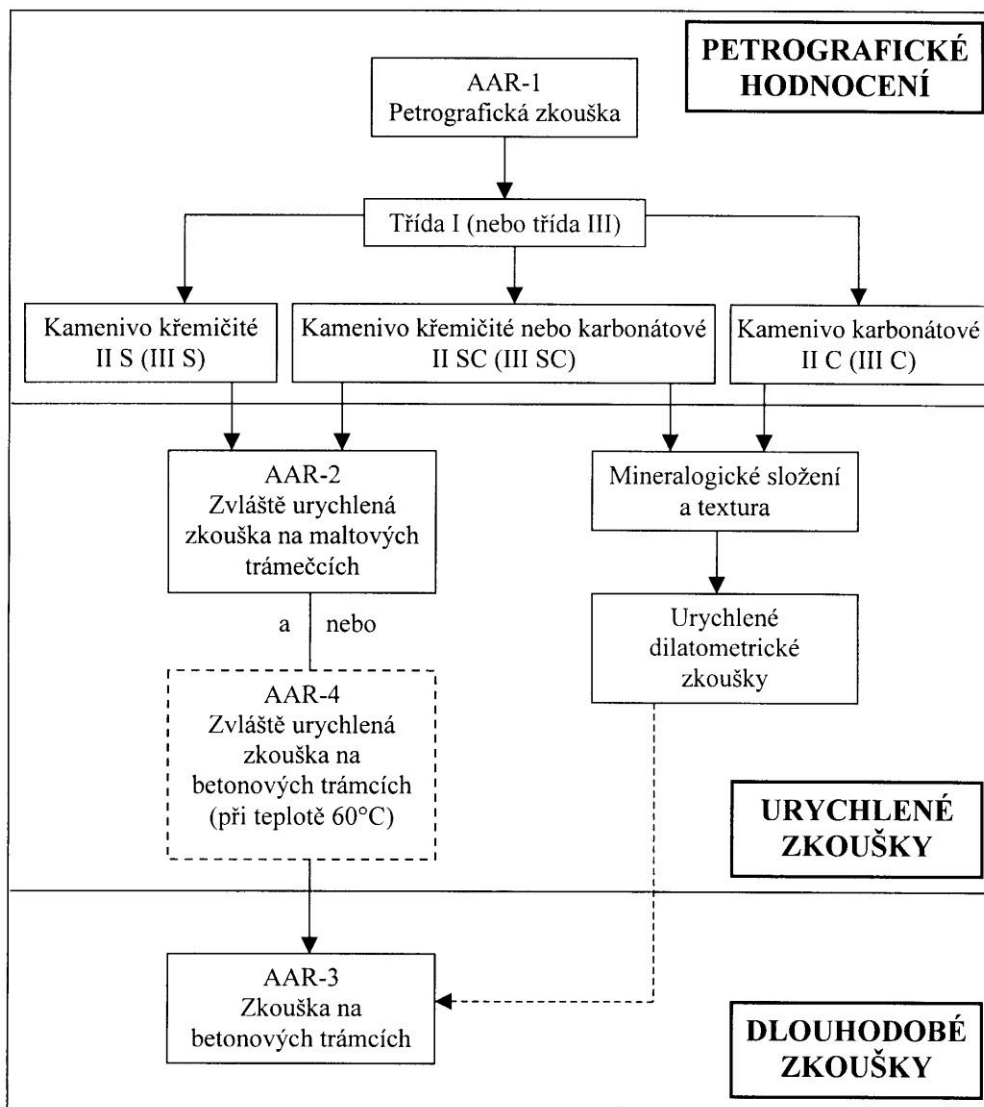
- Mezinárodní zkoušky – RILEM (2002, Réunion internationale des laboratoires d'essais et de recherches sur les matériaux et les constructions).

Hodnocení je v zásadě založeno na těchto postupech (Obr. 1):

- petrografické hodnocení (postup AAR-1),
- zvláště urychlená dilatometrická zkouška rozpínání na maltových trámečcích (postup AAR-2),
- urychlená dilatometrická zkouška rozpínání na betonových trámecích (postup AAR-3).

RILEM používá dělení do 3 tříd reaktivnosti kameniva:

- Třída I: nepravděpodobně reaktivní,
- Třída II: potenciálně reaktivní,
- Třída III: pravděpodobně reaktivní.



Obr. 1. Schéma hodnocení dle RILEM (2002, český překlad podle Modrý et al. 2003)

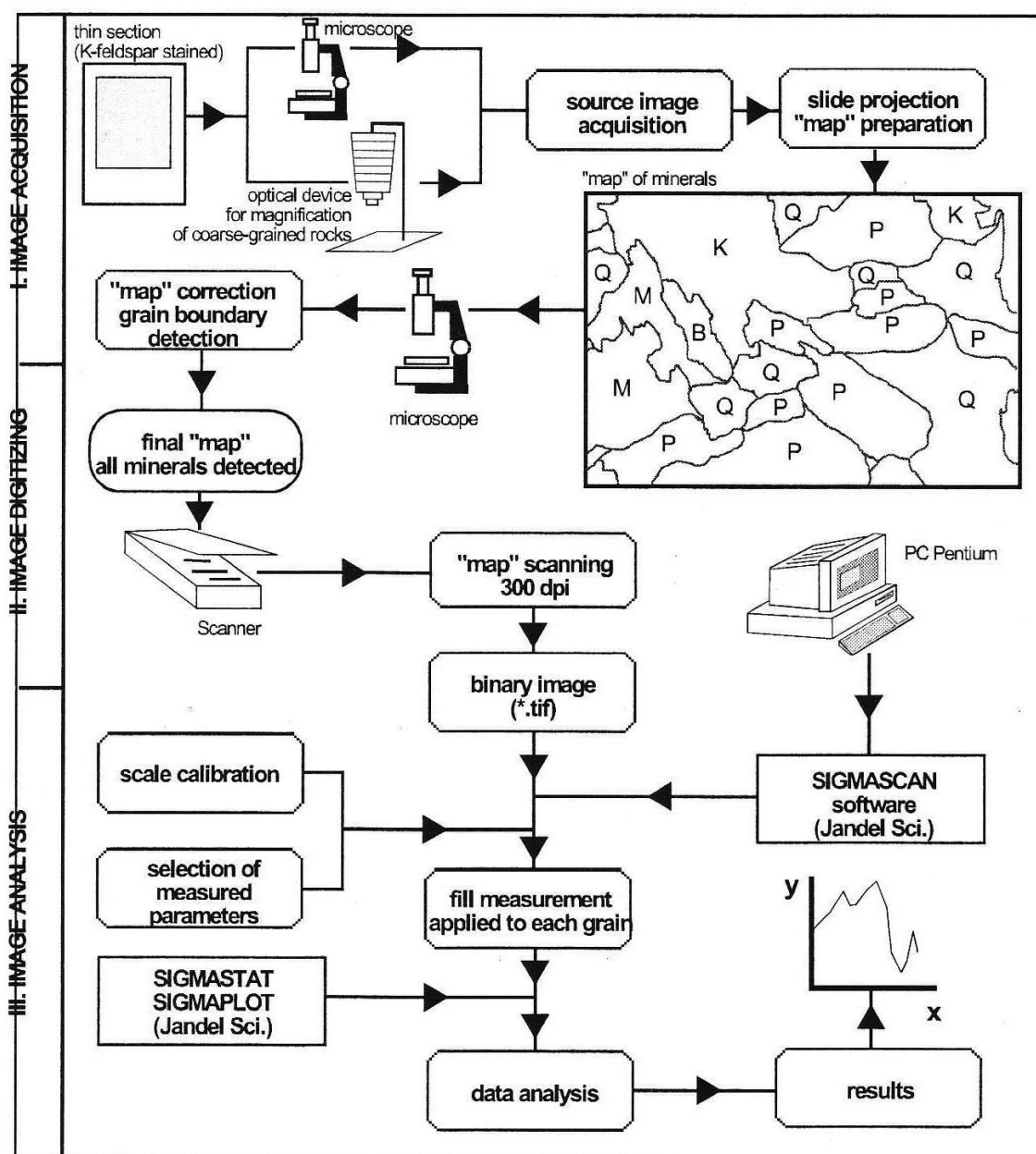
- Analýza obrazu

Počítačové zpracování výbrusů se stalo obvyklou technikou pro kvantitativní určení např. mineralogického (modálního) složení a zrnitosti (Přikryl 2001, Lukschová et al. 2006) nebo mikrostrukturní analýzu.

Analýza obrazu se skládá z následujících fází (Obr. 2.) :

- Snímání obrazu se vztahuje k výběru oblasti, která se má měřit a k přípravě "mapy" jednotlivých předmětů ve výbrusech. Mikrofotografie pořízené pomocí standardního polarizačního mikroskopu by měly obsahovat nejméně 500 (ale pokud možno 1000) zrn. Z mikrofotografií se získá ručně kreslený obraz hranic minerálů. Tento krok zahrnuje identifikaci minerálů a rozlišení jednotlivých objektů.

- Zpracování obrazu je zaměřeno na přesnost "mapy" minerálů. To vyžaduje identifikaci hranic objektů a oddělování spojených zrn vykazující podobné optické vlastnosti na mikrofotografiích. V této fázi se ručně kreslené obrysy hranic zrn pečlivě srovnávají s původními ve výbrusech (pod mikroskopem). "Mapy" hranice zrn jsou černé a zrna prázdná. Každé zrnó je označeno prvním písmenem svého názvu minerální (např. P pro plagioklas, Q pro křemen atd.).
- Digitalizace obrazu se skládá z konverze (převodu) ručně-malované mapy získané během předchozí etapy do binární podoby. "Mapy" minerálů byly naskenovány na ScanJet HP skener s rozlišením 300 dpi. Každý obrázek byl uložen jako *.tif do 8-bitové stupnice.
- Následuje měření obrazu. SIGMASCAN nabízí funkci specifických měření (fill měření), během kterého se měří každý samostatný objekt nezávisle. Při analýze je každé zrnó vyplněno kontrastní barvou na zamezení vícenásobné analýzy dříve naměřených zrn.



Obr. 2. Schéma popisující postup vyhodnocení modálního složení výbrusů pomocí analýzy obrazu (Přikryl 2001).

2.2.2 Chemické metody

Metody jsou navrženy tak, aby přinesly výsledky již během několika dní (maximálně do týdne). Tyto zkoušky jsou pak přijaty jako normové postupy. Jsou to jedny z nejpoužívanějších metod určování reaktivity kameniva. Mají určit potenciální reaktivitu kameniva při přesnosti 95%. Požadavek pro tyto metody je nízký koeficient variability mezilaboratorních výsledků, které by neměly přesáhnout 12% (Grattan-Bellew 1997).

Je zavedena ASTM C289 a s její pomocí lze určit potenciál alkalicko-křemičité reakce pro kamenivo. V ČR je to pak ČSN 721179 „Stanovování reaktivnosti kameniva s alkáliemi“. Pro tuto metodu je možné použít reprezentativní vzorek zkoumaného rozdrčeného kameniva o velikosti zrna mezi 150 μm až 300 μm . Rozdrčené kamenivo je vloženo do horkého roztoku 1M NaOH ($80\pm 1^\circ\text{C}$) a ponecháno v roztoku po dobu 24 hod. Množství SiO_2 a snížení alkality roztoku se pak zaznamenávají do grafu uvedeného v ASTM C289. Graf v zásadě umožňuje rozdělit zkoumané kamenivo do třech kategorií:

- kamenivo považované za nezávadné
- kamenivo považované za potenciálně reaktivní
- kamenivo považované za škodlivé.

Bérubé et al. (2002) uvádějí další možnosti chemických zkoušek. Louží vzorky v různých chemických prostředích. Např. destilovaná voda, roztok obohacený $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 0,7 M roztok NaOH (měření K), 0,7 M roztok NaOH (měření Na). V těchto roztocích je periodicky analyzován obsah K/Na po dobu 578 dní.

2.2.3 Trámečkové metody

Tyto metody se používají k určení rozpínavosti kameniva v maltových trámečkových tělesech. Velikost těles se pohybuje v rozpětí od několika milimetrů do prvních desítek centimetrů. Používají se normové metody a také nestandardní metody stanovování potenciálu alkalicko-agregátové reakce kameniva. Normovými metodami jsou:

- Zkouška rozpínavosti na maltových vzorcích

Jednou z nejčastěji používaných zkoušek ke stanovení reaktivity kameniva s cementem je zkouška ASTM C 227. Zkouška zahrnuje výrobu maltových trámečků z jemného nebo hrubého kameniva a cementu o známé úrovni obsahu alkálií. Měří se počáteční délka a délka v průběhu a na konci testu. Výhodou tohoto testu je, že umožňuje přímé hodnocení určité kombinace cement-kamenivo, která je blízká skutečným provozním podmínkám v konstrukci. Nevýhodou však je, že chování zkušebních maltových těles nemusí být totožné s chováním skutečného betonu obsahujícího stejné složky. Dalším problémem je délka trvání zkoušky - 6 měsíců.

- Urychlená dilatometrická zkouška rozpínání malty na trámečcích

Urychlená dilatometrická zkouška rozpínání malty na trámečcích (podle ASTM C1260) zahrnuje zhotovení maltových trámečků (o velikosti 25x25x250 mm) obsahujících zkoumané kamenivo a jejich uložení v 1M roztoku NaOH což vytváří podmínky pro okamžitou dotaci sodíkových a hydroxylových iontů do hmoty trámečku. Teplota roztoku je udržována na 80°C , aby se alkalicko-křemičitá reakce urychlila. Srovnávací měření se provádí po 14 dnech. Bylo zjištěno, že touto metodou lze identifikovat pomalu reagující horniny, které dříve nemohly být určeny jinými zkouškami reaktivity (ASTM C1260, Star ket al. 1993, Davies a Oberholster 1986,1987, Hooton a Rogers 1989,1992). Urychlená dilatometrická trámečková zkouška rozpínání malty je rychlý a spolehlivý test, kterým je možno určit potenciál reaktivity pomalu i rychle reaktivních hornin.

- Zkoušky na betonových hranolových tělesech

Tato zkouška je analogická zkoušce rozpínání malty pouze s tím rozdílem, že se používají hranolová betonová tělesa a do čerstvé betonové směsi se přimísí alkálie k dosažení požadované koncentrace alkálií v betonu (ASTM C1293). Hodnocení chování kameniva v betonových namísto maltových tělesech poskytuje mnohem realističtější hodnocení potenciálu reaktivnosti, protože simuluje podmínky v reálné betonové konstrukci. Čas nezbytný (1 rok a více) pro získání definitivních výsledků touto metodou je omezením pro její použití tam, kde je nezbytné získat výsledky rychle. Betonová hranolová tělesa lze použít k hodnocení hrubého i jemného kameniva. Podle této normy se hodnotí jaderná zařízení nebo přehrady (Modrý et al. 2003).

Kromě metod normových existují nestandardní metody ke stanovení potenciálu alkalicko-agregátové reakce kameniva. Tyto zkoušky jsou obvykle používány k předběžnému hodnocení alkalicko-agregátové reakce nových zdrojů kameniva nebo jsou používány pro výzkumné účely.

- Metoda stanovení objemových změn systému cement-kamenivo

Tato zkušební metoda je popsána v ASTM C342 a je v podstatě modifikovanou trámečkovou dilatometrickou metodou pro stanovení potenciálu zvláštní kombinace cement-kamenivo. Zkouška spočívá v tom, že se maltová tělesa ponechají v prostředí s proměnlivou vlhkostí a teplotou při současném měření délkových změn až po dobu 1 roku.

- Zkouška na betonových krychlich

Zkouška na krychlich je kvalitativní metoda, při které jsou ze zkoušeného kameniva vyrobeny betonové krychle, které jsou periodicky prohlíženy a je zaznamenáván výskyt trhlin a gelu v důsledku alkalicko-agregátové reakce. Krychle jsou uloženy ve vlhkém prostředí ($\geq 95\%$ RV) a při teplotě 40°C (Modrý et al. 2003).

- Severská urychlená zkouška

Metoda byla vyvinuta Chatterji (1978) a byla zavedena jako Nordtest Building Method 295. Jde o jednu z modifikovaných urychlených dilatometrických zkoušek rozpínání maltových trámečků. Zkouší se maltové trámečky, které jsou poněkud kratší, než požaduje ASTM C227.

- Koláčková zkouška

Koláčková zkouška (Gel-pat test, podle BS 7943) byla zavedena ve Velké Británii jako kvalitativní metoda pro charakterizaci alkalicko-křemičité reakce (BS 7943, Sims 1981). Do formy o průměru cca 100 mm se umístí minimálně 200 zrn kameniva a zalije připravenou cementovou kaší (vodní součinitel kaše je 0,4). Povrch takto vytvořených maltových vzorků je vystaven působení alkalického roztoku po dobu 14 dnů. Jestliže je kamenivo reaktivní, vytvoří se gel kolem reagujících částic a tak lze určit procento reaktivních složek. (Fournier a Bérubé 1993). Nedostatkem je nemožnost kvantitativního stanovení.

Je pravděpodobné, že u nových zdrojů bude kamenivo zaříděno do třídy II. Jestliže petrografické zkoumání prokáže, že kamenivo lze zařadit do tříd II (nebo III) je zapotřebí provést další zkoušky.

- Zvláště urychlená dilatometrická zkouška rozpínání na maltových trámečcích

Maltové trámečky jsou ponořeny do 1M roztoku NaOH při teplotě $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Délkové změny se měří v intervalu po 24 hod do doby expozice 14 dnů. Metoda je vhodná např. pro žulu, rulu, droby, rýolit, andesit, tufy, křemence, fylity apod (Nixon et al. 2000).

- Urychlená dilatometrická zkouška rozpínání na betonových trámečích

Metoda spočívá v měření dilataci betonových těles vyrobených ze směsného kameniva a uložených v teplém a vlhkém prostředí po dobu 12 měsíců (Nixon et al. 2000).

3. STUDOVANÉ HORNINY

Vulkanické horniny byly vybrány, protože jsou považovány některými vědci za potenciálně reaktivní. Většina vybraných hornin jsou označovány jako neovulkanity některé pak jako paleovulkanity. Jsou vybrány jak bazické, tak intermediální i kyselé horniny. Vulkanické horniny vykazují velkou proměnlivost v potenciální reaktivitě v závislosti na obsahu křemene. Některé horniny, které se používají do betonů, jsou považovány za potenciálně reaktivní. V následujících tabulkách (Tab. 2) je stručný přehled informací o ložiscích, které byly získány z Geofondu ze závěrečných zpráv o jednotlivých lomech.

Tab. 2. Popis vybraných lokalit.

| Označení | CZ 13 | CZ 14 | CZ 15 | CZ 16 | CZ 17 |
|-----------------------------------|--|--|--|--|---|
| Lokalita | Krásný Les | Císařský | Mariánská skála | Těchlovice | Libeč – Babí |
| Geografická pozice | Katastr obce Krásný Les, okres Liberec. | Katastr obce Císařský, okres Rumburk. | Katastrální území Ústí n. Labem a Stříbrníky, okres Ústí n. Labem. | 1 km S od Těchlovic, katastr Těchlovice - Přední Lhota, okres Děčín. | Katastr obce Libeč, okres Trutnov. |
| Geologie širšího okolí | Sudetský příkrov, SV rumburská žula, výlevné neovulkanity a pokryvné útvary. | Starohorní hlubinné vyvřelé horniny žulového charakteru. | Fonolitové těleso náležící komplexu terciérních efuziv Českého středohoří. | S okraj centrální části Českého středohoří. | Okrajová zóna vnitrosudetské deprese. Permokarbon. |
| Geologie vlastního ložiska | Olivinický čedič prozazil v oligocénu sérii krystalinika - jádro ložiska. | Čedičové těleso proráží lužickou žulu. | Fonolitové těleso Mariánské hory, na S křídové sedimenty. | Čedičové těleso v prostoru obcí Dobkovice - Jakuby - Přední Lhota. JV a V okraj sedimenty – svrchní křída. | Vystupují zde žacléřské vrstvy, podloží krystalinikum. |
| Petrografie | Olivinický čedič - porfyrická struktura, všesměrná textura, jemně zrnitá základní hmota. | Olivinický čedič - porfyrická struktura, všesměrná textura, jemně zrnitá základní hmota. | Fonolit - jemnozrnný s mandlovcovou texturou. | Olivinový nefelinit - jemnozrnná základní hmota, vyrostlicová struktura. | Olivinický melafyr - celistvá hornina, vyrstlice - pseudomorfozy po olivínu, jemnozrnná základní hmota. |
| Geol.zás. (m³) | 78 963 350 | 2 320 000 | 7 788 000 | 1 015 539 | 1 323 000 |
| Reference | Marek F. (2000) | Čečelín V. et al. (1967) | Chlápek M. et al. (1991) | Kavka J. et al. (1971) | Čtyrský V. et al. (1961) |

Tab. 2. (pokr.) Popis vybraných lokalit.

| Označení | CZ 18 | CZ 20 | CZ 21 | CZ 22 | CZ 23 |
|-----------------------------------|---|---|---|---|---|
| Lokalita | Doubravice | Trnčí | Těškov | Čenkov | Chrtníky |
| Geografická pozice | Katastr obce Doubravice, okres Semily. | Katastr obce Trnčí - Krušec, okres Klatovy. | Katastr obce Těškov, okres Rokycany. | Katastr obce Dolínek, okres Praha - Východ. | Katastr obce Chrtníky a Choltice, okres Pardubice. |
| Geologie širšího okolí | Vnitrosudetská deprese, sedimenty - permokarbon. | Mladší protero-zoikum tepelsko - barrandienské oblasti, JZ část radnicko - kralupského spilitového pruhu. | Kambrické vulkanity křivoklátsko - rokycanského pásma. | SZ křídlo barrandienského algonika, svrchno-křídový pokryv. | Krystalinikum Železných hor, chrudimské paleozoikum. |
| Geologie vlastního ložiska | S část krkonošsko - jizerského krystalinika. | Součást spilitového tělesa uloženého v komplexu peliticko - psamitických sedimentů. | 700 m dlouhý porfyrový výlev, který je součástí tektonické kry kambrických porfyrů. | Algonické slabě přeměněné bazické vulkanity. | Diabasová žíla leží při rozhraní kambria a ordoviku. |
| Petrografie | Melafyr - zřetelná bublinatá textura, ofitická struktura. | Spilit - spilitická struktura, případně lehce porfyrická, výplň žilek - kalcit. | Křemenný porfyr - paleoryolit, jemnozrnný, porfyrická struktura, základní hmota má panalotrio - morfní strukturu. | Spilit - celistvá hornina, masivní textura, nevýrazně ofitická struktura. | Diabas - středně až hrubozrnná hornina, ofitická struktura. |
| Geol.zás. (m³) | 2 000 000 | 3 654 200 | 3 232 000 | 3 038 000 | 2 782 596 |
| Reference | Jaroušek B. (1974) | Bašta J. et al. (1978) | Bašta J. et al. (1971) | Roehlich P. et al. (1961) | Jadrníček V. et al. (1955) |

Tab. 2. (pokr.) Popis vybraných lokalit.

| Označení | CZ 24 | CZ 25 | CZ 26 | CZ 27 | CZ 28 |
|-----------------------------------|--|--|---|---|--|
| Lokalita | Rožmitál | Zbraslav | Sýkořice | Dolánky | Dobkovičky |
| Geografická pozice | Katastr obce Rožmitál u Broumova, okres Náchod. | J okraj hl. m. Prahy, katastr Záběhlce. | Katastr obce Sýkořice, okres Rakovník. | 300m SV od obce Dolánky, Okres Teplice. | 4km od silnice I.třídy Teplice - Lovosice, okres Litoměřice. |
| Geologie širšího okolí | SV deprese Vnitrosidetské - Broumovská pánev. Vulkanogenní a sedimentární horniny. | JV křídlo Barrandienu a patří proterozoiku. Spilitová série dobříšsko-říčanského pruhu barrandienského proterozoika. | Rozsáhlé bazické těleso v břidlicích, prachovcích a drobách sv. proterozoika SZ křídla Barrandienu. | Neovulkanity Českého středohoří, křídové sedimenty v terciéru proraženy vulkanickými horninami. | Vystupující rozsáhlý hřbet čedičových hornin. Pokryv ložiska - jílovito-písčité hlíny. |
| Geologie vlastního ložiska | Efusivní výlev - křemitý porfyr. Nadloží mandlovcové melafyry. | Spilitová série barrandienského proterozoika, tektonický styk s ordovickými sedimenty. Pyroklastické sedimenty. | Svrchněprotero - zoické bazické vulkanity (spility). | 4 čedičové příkrovy a poloha tufů s pronikem pravé žíly bazaltu, intruze - olivinický čedič. | Černošedá a černá, jemnozrnná až masivní čedičová hornina. |
| Petrografie | Porfyr - celistvá horniny, textura kompaktní, struktura horniny porfyrická. | Spilit - obvykle s křemenem, celistvá hornina, masivní textura, ofitická struktura. | Spility - šedé až tmavošedé, textura masivní, struktura intersticiální, spilitická. | Nefelínový bazanit - masivní jemnozrnná hornina, struktura porfirická. | Nefelíno - analcimový bazanit - jemnozrnná, drobně porfyrická hornina. |
| Geol.zás. (m³) | 2 182 000 | 80 730 000 | 5 014 000 | 5 137 442 | 13 284 425 |
| Reference | Hošek M. et al. (1962) | Bártů J et al. (1983) | Rybařík V. (1986) | BaštaJ. et al. (1970) | Gloeckner P. et al. (1979) |

Tab. 2. (pokr.) Popis vybraných lokalit.

| Označení | CZ 29 | CZ 30 | CZ 31 | CZ 32 | CZ 33 |
|-----------------------------------|--|--|---|--|--|
| Lokalita | Libochvany | Královec | Všechlapy | Měrunice | Chraberce |
| Geografická pozice | Katastr obce Libochovany, okres Litoměřice. | Střední část Vraních hor, okres Trutnov. | Katastr obec Všechlapy, okres Teplice. | Katastr obce Měrunice, okres Teplice. | Katastrální území obce Chraberce, okres Louny. |
| Geologie širšího okolí | České středohoří - neovulkanická oblast. Krušno-ohárecké tektonické zóny. | Vnitrosudetská pánev, vyplněná horninovými komplexy karbonu, permu, triasu a svrchní křídý. | České středohoří, hranice se severočeskou hnědouhelnou pánví. Terciérních erupcí. | Z část Českého středohoří, ruly krušnohorského krystalinika. Nadloží křídové sedimenty. | Lounského středohoří - tvořeno čedičovými kupami. V podloží ruly krušnohorské krystalinikum. |
| Geologie vlastního ložiska | Komplex vulkanických hornin. I. úsek -trachyt, II. - čedičové horniny s olivínem, III. - žilné čedičové horniny. | Masiv Vraních hor. 2 podtypy hornin - celistvé paleoryolity a velmi jemnozrnné paleoryolity. | Vulkanický příkrov, který se vylil na starší podklad křídových a terciérních sedimentů. | Obnažující se intruzivní těleso, které proráží křídové slíny a starší terciérní horniny. Intruze čedičového magmatu. | Sopečné těleso třetihorního stáří. Zachován sopouch, později vyplněn čedičovou lávou. |
| Petrografie | Bazalt - celistvá hornina, jemnozrnná základní hmota. | Křemenný porfyr - struktura horniny porfyrická, základní hmoty xenomorfní. | Olivinický nefelinit - jemnozrnná a celistvá hornina, porfyrická struktura, všesměrně zrnitá holokrystalickou základní hmotu. | Olivínový nefelinit - rovnoměrně jemnozrnný, textura místy vertikálně usměrněná. | Nefelinový bazanit - celistvé, masivní, kompaktní, velmi jemnozrnná základní hmota. |
| Geol.zás. (m³) | 11 621 822 | 25 366 000 | 11 670 000 | 8 972 723 | 3 426 058 |
| Reference | Bašta J. et al. (1974) | Bašta J et al. (1973) | Bašta J. et al. (1987) | Bašta J. et al. (1976) | Bílek P. et al. (1982) |

Tab. 2. (pokr.) Popis vybraných lokalit.

| Označení | CZ 34 | CZ 35 | CZ 36 | CZ 37 | CZ 38 |
|-----------------------------|---|--|---|--|--|
| Lokalita | Smrčí | Bezděčín | Mokrá | Číhaná | Chlum |
| Geografická pozice | Katastr obce Chuchelná, okres Semily. | Vzdálenost cca 1km od obce Bezděčín, okres Jablonec. | Mezi obcemi Mokrá a Štoutov, okres Karlovy Vary. | 300m J od silnice Nēm. Chloumek - Karlovy Vary. | Katastr obce Dolní Lomince, kraj Praha. |
| Geologie širšího okolí | Železno-brodské krystalinikum a tzv. post-metamorfnní útvarv. | Součást permo-karbonu. Mnichovo-hradištská deprese. Na severu Lužická porucha. | Žlutická metamorfnní oblast, přechod metamorfovaného středoeeského proterozoika do hornin hlouběji metamorfovaných. | Karlovarská žula | SV část Středočeského plutonu. Grano-diorit sázavského typu. |
| Geologie vlastního ložiska | Součást podmoklicko-smrčanských čedičových příkrovů. | Užitková výplň - melafyrový příkrov (mocnost 220m). | Čedičové horniny, tufy, svory. | Osamocený výlev olivinického čediče až bazanitu. | Protáhlý grano-dioritový hřbet SZ-JV. |
| Petrografie | Bazalt - porfyrická struktura, všesměrná stavba. | Melafyr - hyalopelitická struktura, slabě mandlovcovitá textura. | Nefelinit - struktura porfyrická, textura fluidální, mandlovcovitě smouhy. | Olivinický čedič - jemnozrnná hornina s všesměrnou texturou. | Fonolit - smouhovitá textura, středně zrnitý, převážně jemnozrnný. |
| Geol.zás. (m ³) | 2 357 000 | 5 030 795 | 2 476 000 | 429 930 | 1 685 000 |
| Reference | Hříbal Z. et al. (1964) | Kříž L. et al. (1968) | Čtyrský V. et al. (1961) | Kříž L. et al. (1963) | Čtyrský V. et al. (1961) |

Tab. 2. (pokr.) Popis vybraných lokalit.

| Označení | CZ 39 | CZ 41 | CZ 42 | CZ 44 |
|-----------------------------------|--|--|--|--|
| Lokalita | Tachov | Děpoltovice | Úhošťany | Zahrádka |
| Geografická pozice | Katastrální území Tachov, okres Česká Lípa. | Katastr obcí Děpoltovice a Fojtov, okres Karlovy Vary. | Katastr obce Úhošťany, okres Chomutov. | Katastr obce Zahrádka, okres Plzeň - sever. |
| Geologie širšího okolí | Česká křídová tabule, terciér zastoupen čedičovými a znělcovými vyvřelinami. | Krušnohorská soustava - metamorfovaná para- i orotrula. Pronikáná granitickými masivy. | Periferní oblast doupovského stratovulkánu. | Západočesé proterozoikum, kadomská kra Českého masivu. |
| Geologie vlastního ložiska | Kupa Tachovského vrchu, proráží střednoturonské pískovce. | Čedičová kupa - vyvřela na soustavě radilních zlomů krušnohorského směru. | Neovulkanické horniny. Budováno čedičovými tělesy. Tufy a kvartérní horniny - svahové hlíny. | Mohutné až 1km dlouhé spilitové těleso uložené ve svrchně proterozoických horninách. |
| Petrografie | Fonolit - jemnozrnná základní hmota, slabě skelný třpyt, vyrostlice. | Čedič - holokrystalická až porfyrická struktura, všesměrná textura. | Bazanit - drobně až středně zrnitá, porfyrická struktura, všesměrná textura. | Spilit - jemnozrnná hornina, paprscitá struktura, všesměrná textura. |
| Geol.zás. (m³) | 2 230 000 | 10 039 080 | 3 237 024 | 7 656 723 |
| Reference | Čtyrský V. et al. (1961) | Čtyrský V. et al. (1961) | Bílek P. et al. (1979) | Bašta J. et al. (1977) |

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část diplomové práce se zabývá laboratorním hodnocením potenciální reaktivity vybraného kameniva a vyhodnocením mikroskopických projevů alkalicko-křemičité reakce. Byly vybrány vzorky vulkanitů, na kterých byla detailně zkoumána náchylnost k alkalicko-silikátové reakci. Popis se prováděl podle metod popsaných níže.

4.1 Petrografické hodnocení kameniva

Potenciálně reaktivní složky kameniva lze identifikovat a kvantitativně určit petrografickým hodnocením. Petrografické zkoumání se obvykle provádí na základě postupů uvedených v některých normách (např. ASTM C 295).

Pro potřeby mého výzkumu nebylo třeba podrobněji stanovovat petrografii kameniva, byly známy horniny z vybraných lokalit a krátce byla zjištěna petrografie (podle závěrečných zpráv o těžbě ložisek – viz reference v tab. 2 - 7).

4.2 Zkouška rozpínavosti na maltových vzorcích

Jednou z nejčastěji používaných zkoušek ke stanovení reaktivity kameniva s cementem je zkouška ASTM C 1260. Zkouška zahrnuje výrobu maltových trámečků (obr. 4) z kameniva o frakci 0,125/5 mm a cementu o známé úrovni obsahu alkálií (CEM I 42,5).



Obr. 4 Rozpůlený trámeček po vytvoření 2 výbrusů.

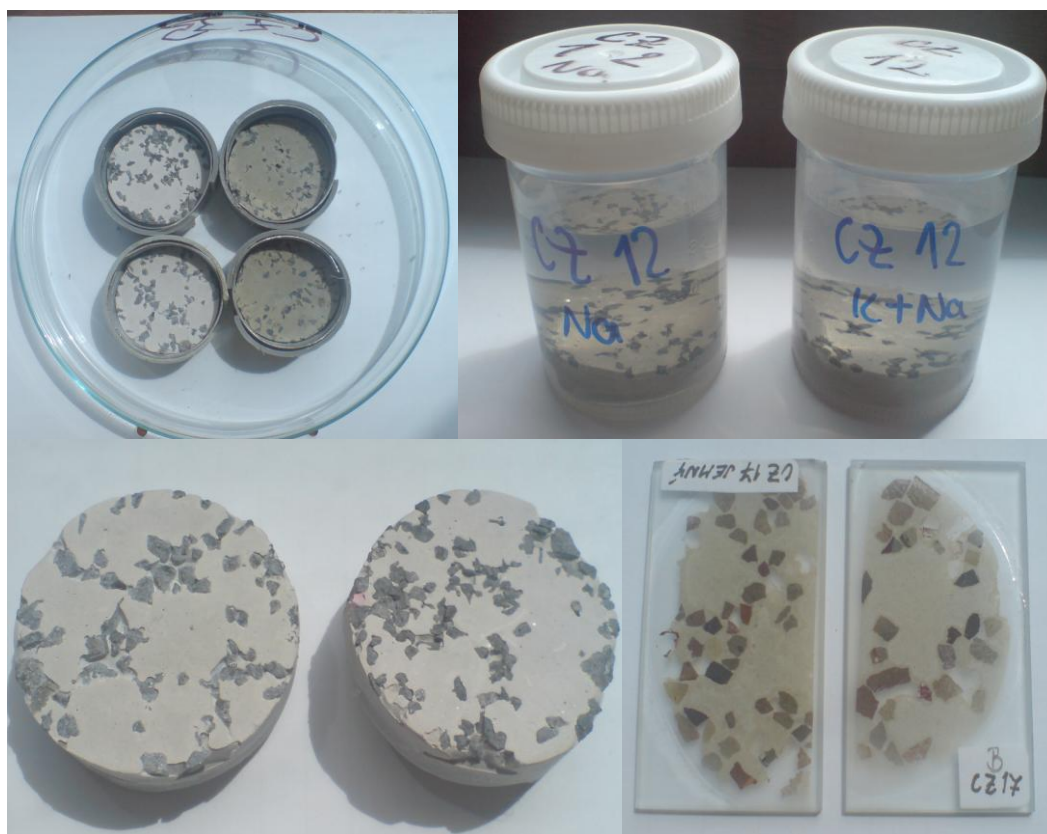
Zkušebními maltovými tělesům je po ztvrdnutí změřena jejich počáteční délka. Pak jsou tělesa uložena do uzavřeného kontejneru obsahujícího 1M roztok NaOH udržovaného při teplotě 80°C. Vysoká teplota a alkalita roztoku urychlují vznik alkalicko-křemičité reakce. Tělesa jsou pravidelně vyjímána a jsou u nich měřeny délkové změny. Rozpínání maltových trámečků se projevuje během dvou týdnů. Celková délková změna je vypočtena jako aritmetický průměr souboru 3 trámečků. Kamenivo je klasifikováno jako:

- nereaktivní - při rozpínání menším než 0,1 % po 14-ti dnech;
- potencionálně reaktivní - při rozpínání 0,1 – 0,2 % po 14-ti dnech;
- reaktivní - při rozpínání větším než 0,2 % po 14-ti dnech.

Maximální rozpínání trámečkových těles je známé u některých typů SiO_2 -bohatého kameniva (např. u opálu). Málo reaktivní a nereaktivní typy kameniva (např. granity) vykazují nulové rozpínání maltových trámeček i po dobu dvou až tří měsíců. Tato zkouška je považována za relativně přesný indikátor potenciálu vysoce reaktivního křemičitého kameniva při reakcích s alkáliemi. Zkoušky rozpínavosti byly prováděny ve Zkušebně kamene a kameniva v Hořicích.

4.3 Koláčková zkouška (Gel-pat test)

Vzhledem k předpokládané nízké reaktivnosti zkoumaného kameniva byla pro potřeby diplomové práce původní koláčková metoda (podle BS 7943) upravena. Velikost formy byla přizpůsobena standardním velikostem výbrusů a to na velikost 45 mm. Tím i počet zrn byl zredukován na polovinu (minimálně 100 zrn). Povrch maltových vzorků se vystavil působení alkalického roztoku po dobu 1 měsíce. U vzorků, které vykázaly při expanzních zkouškách zpomalené hodnoty rozpínání, se doba uložení v roztoku prodloužila na 2 měsíce. Vzhledem k počtu vzorků bylo použito 0,5 litru destilované vody, v níž bylo rozpuštěno 28 g KOH a 20 g NaOH. 2x týdně byly tyto vzorky kontrolovány, zda se tvoří alkalicko-křemičitý gel. U vzorků, které vykázaly při expanzních zkouškách vyšší hodnoty rozpínavosti (hodnota $> 0,1$) se pak tato doba prodloužila až na 2 měsíce. Pro představu je na Obr. 5 zobrazen postup vytváření koláčků a výbrusů z nich. Koláčkové zkoušky byly prováděny autorkou této diplomové práce v laboratořích ÚGMNZ.

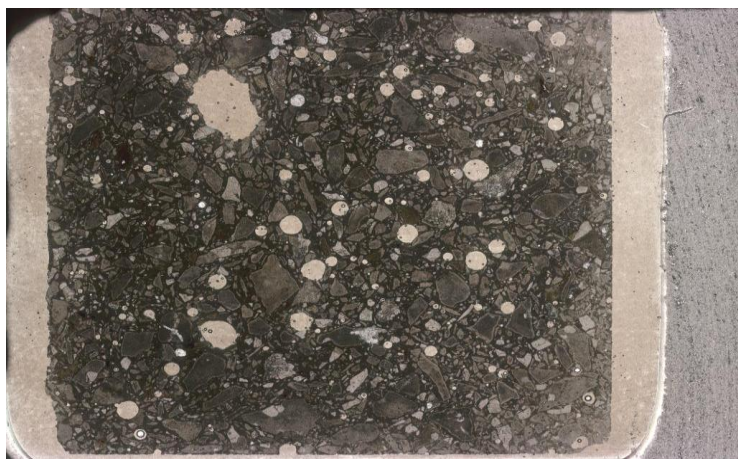


Obr. 5 Zobrazení postupu přípravy koláčků. Vlevo nahoře připravené cementové koláčky, vedle jsou koláčky naložené v hydroxidových roztocích a vpravo dole jsou již hotové výbrusy.

4.4 Mikroskopické metody

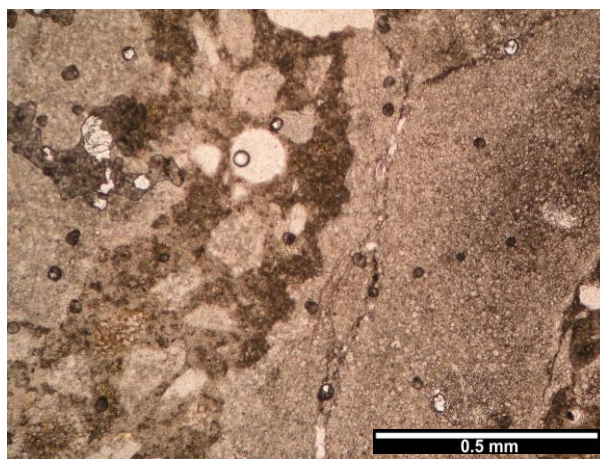
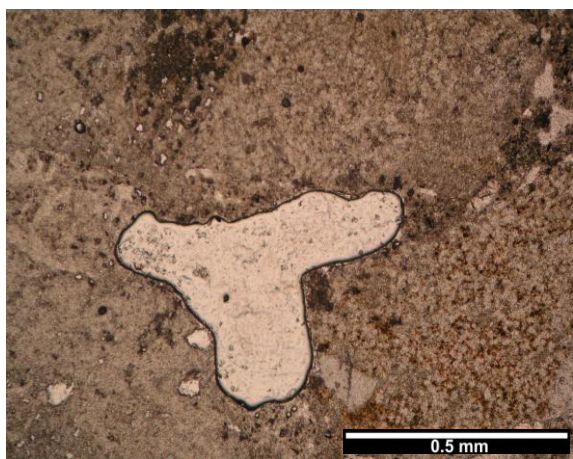
Mikroskopické metody byly využity s cílem bližší identifikace alkalicko-křemičité reakce v trámečkových a koláčkových tělesech. Z každého tělesa byly vyrobeny 2 odkryté výbrusy ve firmě Diatech s.r.o. Výbrusy byly zkoumány mikroskopem Leica DMPL. Mikrofotografie byly pořízeny fotoaparátem Olympus v laboratoři optické mikroskopie ÚGMNZ.

Výbrusy vzorků (Obr. 6) byly nascanovány na scanneru Nikon a pod mikroskopem podrobněji prohlíženy. Byla zkoumána přítomnost alkalicko-křemičitých gelů v úlomcích kameniva, na hranicích zrn a v cementové matrix. Dalším předmětem zkoumání byla přítomnost trhlin ve výbrusu. Tyto parametry byly vyhodnoceny a určilo se celkové zastoupení projevů alkalicko-křemičité reakce ve vzorcích.



Obr. 6 Nascanovaný výbrus trámečku CZ 21 Těškov.

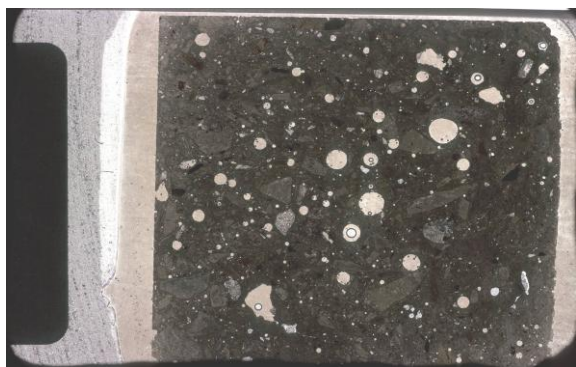
V některých případech jsou vidět reakční produkty, průhledný alkalicko-křemičitý gel (Obr. 7) a trhliny v kamenivu nebo cementové základní hmotě (Obr. 8). Vzhled gelu může být proměnlivý v závislosti na tom, zda se gel nalézá uvnitř ztvrdlé cementové kaše nebo uvnitř zrna kameniva. Uvnitř zrna kameniva může mít gel zrnitý charakter, zatímco uvnitř kaše je sklovitý.



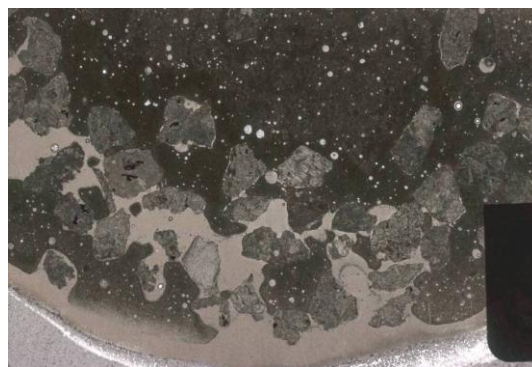
Obr. 7. (vlevo) Mikrofotografie alkalicko-křemičitého gelu v cementové matrix, vzorek CZ 21 (Těškov - ryolit), Obr. 8. (vpravo) Mikrofotografie trhliny doprovázející tvorbu alkalicko-křemičitých gelů v cementové matrix, vzorek CZ 21 (Těškov - ryolit).

4.5 Analýza obrazu

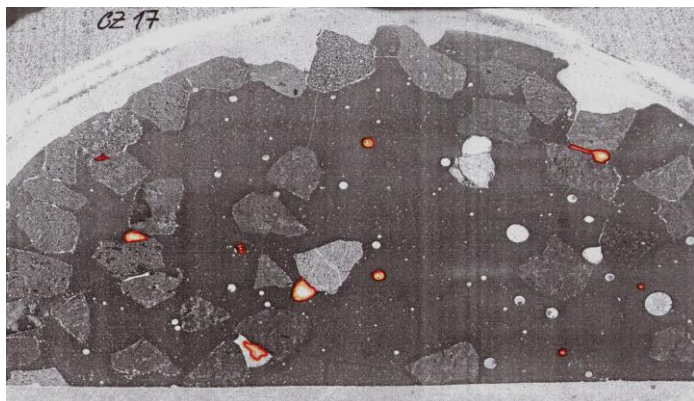
Pro potřeby této práce se analýza obrazu poněkud upravila. Nascanované výbrusy pomocí scanneru Nikon byly upraveny a potom vloženy do programu SigmaScan Pro5. Program umožňuje vyhodnocení zastoupení alkalicko-křemičitých gelů a délku trhlin ve výbrusech vzorků. Na scanech výbrusů se označily přítomné gely a trhliny. SigmaScan Pro5 vypočítal jejich procentuelní zastoupení a měrnou délku trhlin v pixelech. Tyto výsledky se pak přepočítaly v programu Microsoft Excel a vyšla objemová procenta alkalicko-křemičitého gelu a měrná délka trhlin (mm/mm^2). Postup analýzy je znázorněn na Obr. 9 - 12.



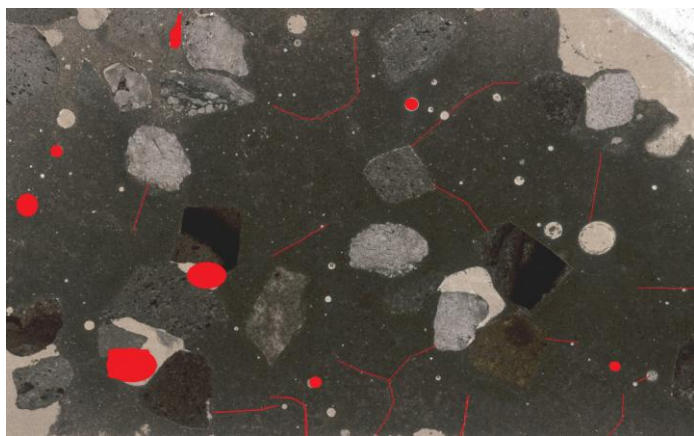
Obr. 9. (vlevo) Scan výbrusu trámečku CZ 13 Krásný les, kratší strana výbrusu 25 mm.



Obr. 10. (vpravo) Scan výbrusu kolářku CZg 23 Chrtníky, delší strana výbrusu 40 mm.



Obr. 11. Pomocí optického mikroskopu je vyznačena přítomnost alkalicko-křemičitých gelů a případný výskyt trhlin, vzorek CZg 17 Libeč – Babí, delší strana obrázku – 40 mm.



Obr. 12. Analýza obrazu pomocí programu SigmaScan Pro 5, vzorek CZ 17 Libeč – Babí, delší strana výbrusu 20 mm.

5. VÝSLEDKY

V této kapitole jsou podrobně shrnuty výsledky zkoušení vulkanického kameniva. Samostatně jsou zpracovány expanze trámečků a výsledky mikroskopie jak trámečků, tak i koláčků. Nejprve se podle expanzních trámečkových zkoušek vybraly nejvíce reagující horniny a dále pomocí mikroskopie a následné analýzy obrazu byly vyhodnoceny výbrusy a scany výbrusů hornin, kde se určoval obsah alkalicko-křemičitého gelu a měrná délka trhlin v jednotlivých výbrusech.

5.1. Trámečková zkouška (podle ASTM C1260)

Expanzní zkoušky, které probíhají 14 dní, ukázaly rozpínavost trámečků v rozmezí 0,000 – 0,282 (Tab. 3 - 4, protokoly z měření rozpínivosti na maltových tělesech jsou k nahlédnutí v příloze I – XXVIII). Hlavní pozornost byla věnována vzorkům kameniva vykazujícím rozpínání vyšší nebo rovna 0,100 %. Výjimkou jsou vzorky CZ 23 (Chrtníky – diabas) a CZ 29 (Libochovany – bazalt), které vykázaly zpožděnou rozpínavost, což znamená, že se expanze začala projevovat až po týdnu měření a dosáhla konečné hodnoty nižší nebo rovné 0,050 %. Vybrané vzorky byly dále zkoumány mikroskopickými metodami z hlediska přítomnosti alkalicko-křemičité reakce v trámečkových tělesech.

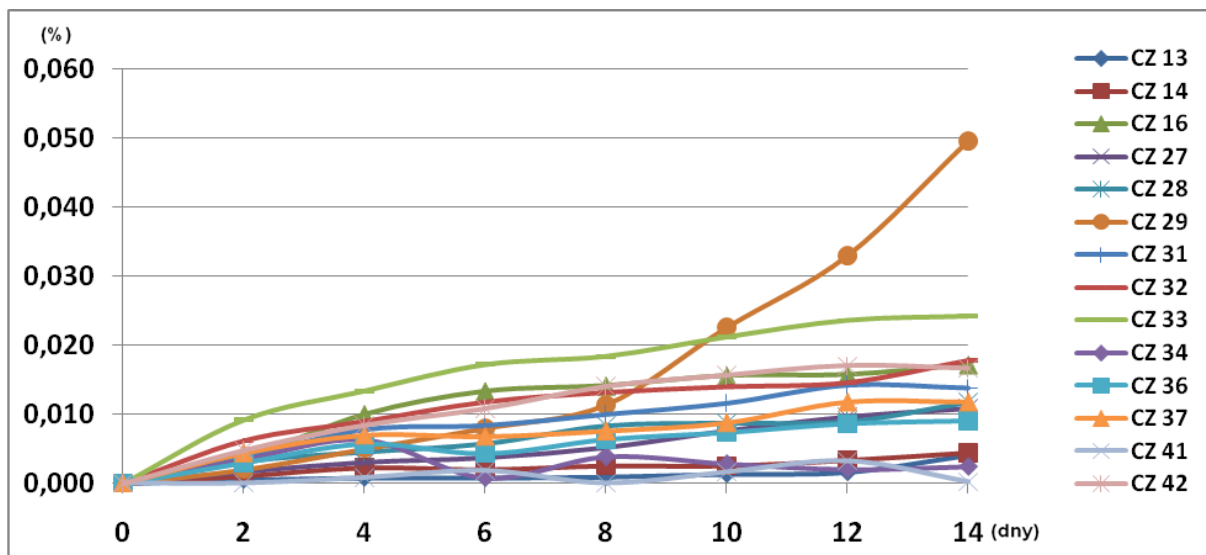
Tab. 3. Hodnoty expanze pro jednotlivé trámečky I.

| Vzorek | Lokalita | Petrografie | Expanze | Vzorek | Lokalita | Petrografie | Expanze |
|--------|-----------------|-------------|---------|--------|-------------|-------------|---------|
| CZ 13 | Krásný Les | bazalt | 0,004 | CZ 22 | Čenkov | spilit | 0,001 |
| CZ 14 | Císařský | bazalt | 0,004 | CZ 23 | Chrtníky | diabas | 0,043 |
| CZ 15 | Mariánská skála | fonolit | 0,011 | CZ 24 | Rožmitál | melafyr | 0,127 |
| CZ 16 | Těchlovice | bazalt | 0,017 | CZ 25 | Zbraslav | spilit | 0,282 |
| CZ 17 | Libeč - Babí | melafyr | 0,125 | CZ 26 | Sýkořice | spilit | 0,007 |
| CZ 18 | Doubravice | melafyr | 0,071 | CZ 27 | Dolánky | bazalt | 0,011 |
| CZ 20 | Trnčí | spilit | 0,028 | CZ 28 | Dobkovičky | bazalt | 0,012 |
| CZ 21 | Těškov | ryolit | 0,145 | CZ 29 | Libochovany | bazalt | 0,050 |

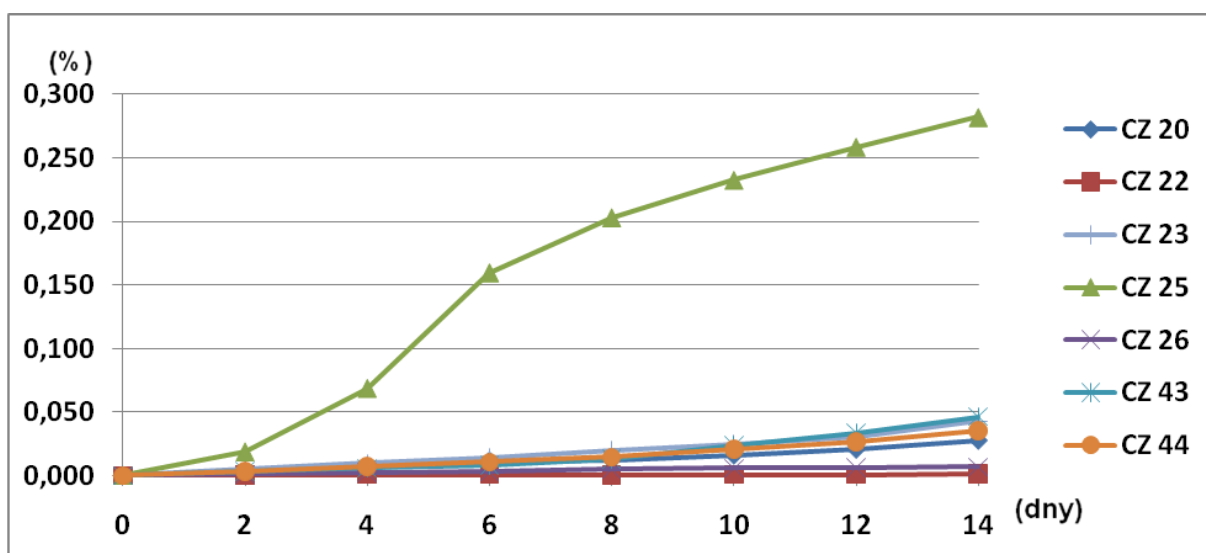
Tab. 4. Hodnoty expanze pro jednotlivé trámečky II.

| Vzorek | Lokalita | Petrografie | Expanze | Vzorek | Lokalita | Petrografie | Expanze |
|--------|-----------|-------------|---------|--------|-------------|-------------|---------|
| CZ 30 | Královec | porfyr | 0,051 | CZ 36 | Mokrá | bazalt | 0,004 |
| CZ 31 | Všechlapy | bazalt | 0,014 | CZ 37 | Číhaná | bazalt | 0,012 |
| CZ 32 | Měrunice | bazalt | 0,018 | CZ 38 | Chlum | fonolit | 0,002 |
| CZ 33 | Chaberce | bazalt | 0,024 | CZ 41 | Děpoltovice | bazalt | 0,000 |
| CZ 34 | Smrčí | bazalt | 0,002 | CZ 42 | Úhošťany | bazalt | 0,017 |
| CZ 35 | Bezděčín | melafyr | 0,069 | CZ 44 | Zahrádka | spilit | 0,035 |

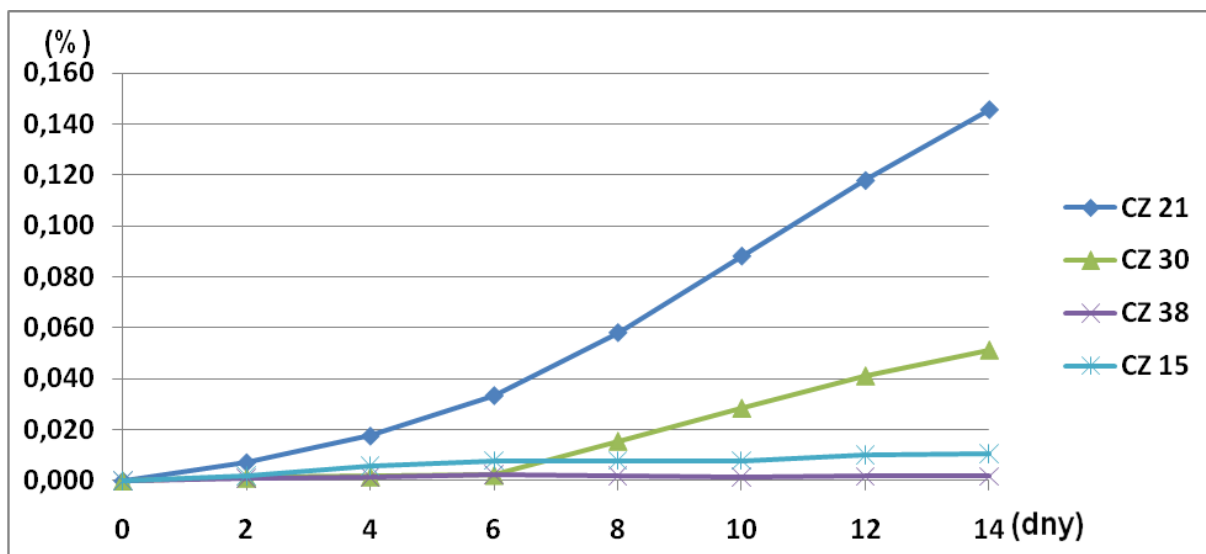
Vývoj expanze zkoumaných vzorků po dobu 14-ti dnů je patrný z Obr. 13 – 15. Jednotlivé vzorky jsou odlišeny barevnými liniemi. Na jednotlivých obrázcích jsou porovnány stejné typy hornin. Obr. 13. znázorňuje expanzi bazaltů. Kromě vzorku CZ 29 (Libochovany – bazalt), který vykazuje zpožděnou expanzi, jsou ostatní hodnoty nižší než 0,100 % a pro další výzkum zanedbatelné. V případě obr. 14., kde jsou zobrazeny expanze spilitů, se odlišuje pouze vzorek CZ 25 (Zbraslav – spilit). Ostatní hodnoty jsou opět pod mez potenciální reaktivity (< 0,100). Na obr. 15. jsou pak zobrazeny zbývající horniny, jimiž jsou diabasy, ryolity, porfýry a fonolity. Mezi nimi vyniká CZ 21 (Těškov – ryolit) se svou hodnotou expanze 0,145.



Obr. 13. Dilatometrická zkouška rozpínivosti malty v trámečcích - bazalty.



Obr. 14. Dilatometrická zkouška rozpínivosti malty v trámečcích – spility, diabas.



Obr. 15. Dilatometrická zkouška rozpínivosti malty v trámečcích – ryolit, porfyr a fonolity.

5.2 Výzkum trámečkových těles pomocí optické mikroskopie

Mikroskopie výbrusů pomohla určit přítomnost alkalicko-křemičitých gelů, jejichž plošné zastoupení bylo vyhodnoceno metodou analýzy obrazu v programu SigmaScan Pro 5. Po přepočtu hodnot byla získána statisticky zajímavá čísla (Tab. 5).

Vzorky byly označeny následujícím způsobem: CZ a číslo - označení vzorku, A/B – odlišení výbrusů ze dvou různých částí trámečku.

Vyhodnocena byla přítomnost alkalicko-křemičitého gelu v zrnech, na hranici zrn a cementové hmoty a gel přítomný v cementové základní hmotě (matrix). Pro lepší názornost bylo vypočítáno celkové procentuální zastoupení gelu a také měrná délka trhlin, která je uváděna v mm/mm^2 . Hodnoty se opět pohybují od 0,000 – 0,64 obj. % v celkovém vyčíslení gelu. Trhliny se pak pohybují v rozmezí 0,000 – 0,02 mm/mm^2 což jsou statisticky v podstatě nevýznamné hodnoty (Tab. 5).

Tab. 5. Výsledky vyhodnocení přítomnosti alkalicko-křemičitého gelu (ASG) a měrné délky trhlin ve výbrusech z trámečkových těles.

| Číslo vzorků | Hornina | ASG v zrnech (obj.%) | ASG na hranici zrn (obj. %) | ASG v matrix (obj. %) | ASG celkem (obj. %) | trhliny (mm/mm^2) |
|--------------|---------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------|
| CZ 17A | Melafyr | 0,08 | 0,08 | 0,15 | 0,31 | 0,02 |
| CZ 17B | | 0,20 | 0,00 | 0,44 | 0,64 | 0,02 |
| CZ 21A | Ryolit | 0,19 | 0,19 | 0,07 | 0,45 | 0,01 |
| CZ 21B | | 0,12 | 0,30 | 0,19 | 0,61 | 0,01 |
| CZ 23A | Diabas | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CZ 23B | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CZ 24A | Melafyr | 0,00 | 0,00 | 0,004 | 0,01 | 0,00 |
| CZ 24B | | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| CZ 25A | Split | 0,01 | 0,00 | 0,58 | 0,59 | 0,00 |
| CZ 25B | | 0,00 | 0,03 | 0,33 | 0,36 | 0,00 |
| CZ 29A | Bazalt | 0,00 | 0,05 | 0,25 | 0,30 | 0,00 |
| CZ 29B | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

5.3 Výzkum koláčkových těles pomocí optické mikroskopie

Ze stejných vzorků jako trámečky byly připraveny koláčky. Z těch byly také vytvořeny výbrusy a stejně jako trámečky byly nascanovány a vyhodnocovány pomocí analýzy obrazu. Pro možnost porovnání byly vyhodnocovány alkalicko-křemičité gely přítomné v zrnech, na hranici zrn, v matrix a celková hodnota a měrná délka trhlin (Tab. 6). Hodnoty se pohybují od 0,00 – 0,24 obj. % celkové přítomnosti alkalicko-křemičitého gelu. Jsou to hodnoty nižší, než vykazují trámečky. Měrná délka trhlin ve výbrusech se pohybuje mezi 0,00 – 0,21 mm/mm^2 .

Vzorky byly označeny následujícím způsobem: CZ a číslo - označení vzorku, „g“ - koláček (gel - pat), A/B – odlišení výbrusů ze dvou různých polovin vzorku, Na - označení v případě použití urychlovacího roztoku NaOH. Vzorky bez označení alkálií byly urychlovány v roztoku NaOH/KOH. Některé vzorky jsou navíc označeny 14 či 1m, což je označení pro dobu setrvání v roztoku 14 dní nebo 1 měsíc.

Tab. 6. Výsledky vyhodnocení přítomnosti alkalicko-křemičitých gelů (ASG) ve výbrusech z koláčkových těles.

| Číslo vzorků | Hornina | ASG v zrnech (obj. %) | ASG na hranici zrn (obj. %) | ASG v matrix (obj. %) | ASG celkem (obj. %) | trhliny (mm/mm ²) |
|---------------|---------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|
| CZg 17A | Melafyr | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,08 |
| CZg 17B | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| CZg 17NaA | | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,01 |
| CZg 17NaB | | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,07 | 0,01 |
| CZg 171m | | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,08 |
| CZg 171mjemný | | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,10 |
| CZg 21A | Ryolit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| CZg 21B | | 0,005 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,13 |
| CZg 21NaA | | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,06 |
| CZg 21NaB | | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,06 | 0,03 |
| CZg 211m | | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,09 |
| CZg 211mjemný | | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,09 |
| CZg 24A | Melafyr | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,10 |
| CZg 24B | | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,21 |
| CZg 24NaA | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |
| CZg 24NaB | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 |
| CZg 2514A | Spilit | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,14 |
| CZg 2514B | | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,15 |
| CZg 2514NaA | | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,09 |
| CZg 2514NaB | | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,08 | 0,02 |
| CZg 251mA | | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,08 |
| CZg 251mB | | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,11 |
| CZg 251mNaA | | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,10 | 0,12 |
| CZg 251mNaB | | 0,00 | 0,01 | 0,08 | 0,09 | 0,09 |
| CZg 29B | Bazalt | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| CZg 29NaA | | 0,00 | 0,09 | 0,15 | 0,24 | 0,09 |
| CZg 29NaB | | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,09 |

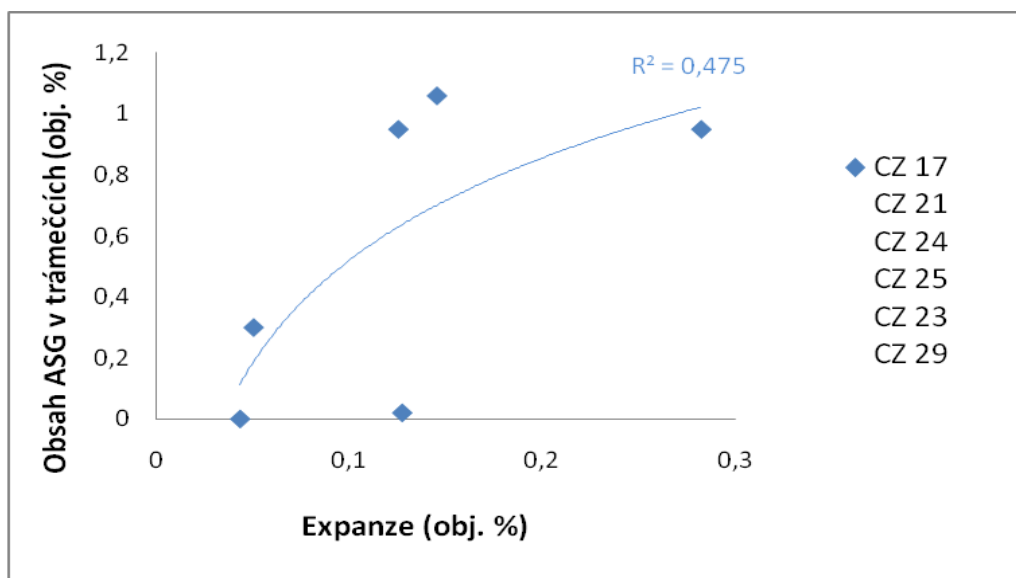
6. DISKUZE

6.1 Zhodnocení reaktivnosti kameniva podle trámečkových zkoušek

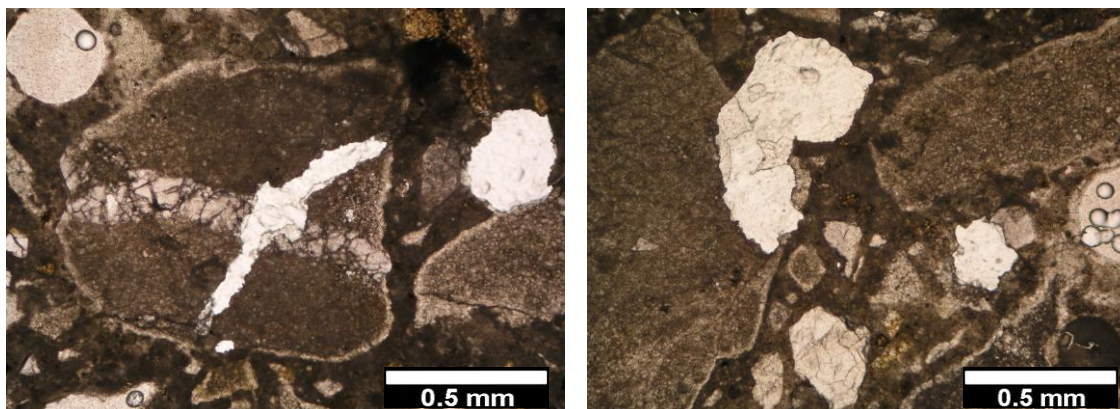
Porovnáním dilatačních zkoušek a výsledků mikroskopického výzkumu je vidět, jak jsou či nejsou jednotlivé vzorky reaktivní (Obr. 16). Ve dvou případech ukazují vzorky zpožděnou expanzi. Při 14-ti denním měření se expanze projevila až po prvním týdnu a její hodnota dosáhla 0,050 resp. 0,043. Vliv zpoždění expanze je více diskutováno v kap. 6.4.

Byl sledován celkový podíl vytvořeného alkalicko-křemičitého gelu na celkové ploše výbrusu vyjádřený v obj. %. Nejvyšší hodnotu expanze trámečkových těles vykázalo ložisko CZ 25 (Zbraslav – spilit) a hodnota celkového obsahu gelu je druhá nejvyšší (0,95 obj. %) z porovnávaných vzorků (Tab. 7). Celkově je patrná pozitivní závislost mezi obsahem alkalicko-křemičitých gelů a hodnotami expanze (Obr. 16).

Přítomnost alkalicko-křemičitých gelů v trámečkových tělesech je dokumentována na obr. 17, kde jsou mikrofotografie z výbrusů trámečků CZ 21 (Těškov- ryolit) a CZ 25 (Zbraslav – spilit). V případě CZ 21 (Těškov – ryolit) je alkalicko-křemičitý gel přítomen přímo v úlomku použitého kameniva, v případě CZ 25 (Zbraslav – spilit) je na hranici zrna a cementové matrix. Hodnota měrné délky trhlin v případě trámečkových vzorků je v tomto případě zanedbatelná.



Obr. 16. Korelace expanze trámečků a množství alkalicko-křemičitého gelu (ASG) v trámečkových tělesech.



Obr. 17. Mikroskopická identifikace alkalicko-křemičitého gelu na reaktivní typy kameniva - (vlevo) CZ 21 (Těškov - ryolit), (vpravo) CZ 25 (Zbraslav - spilit).

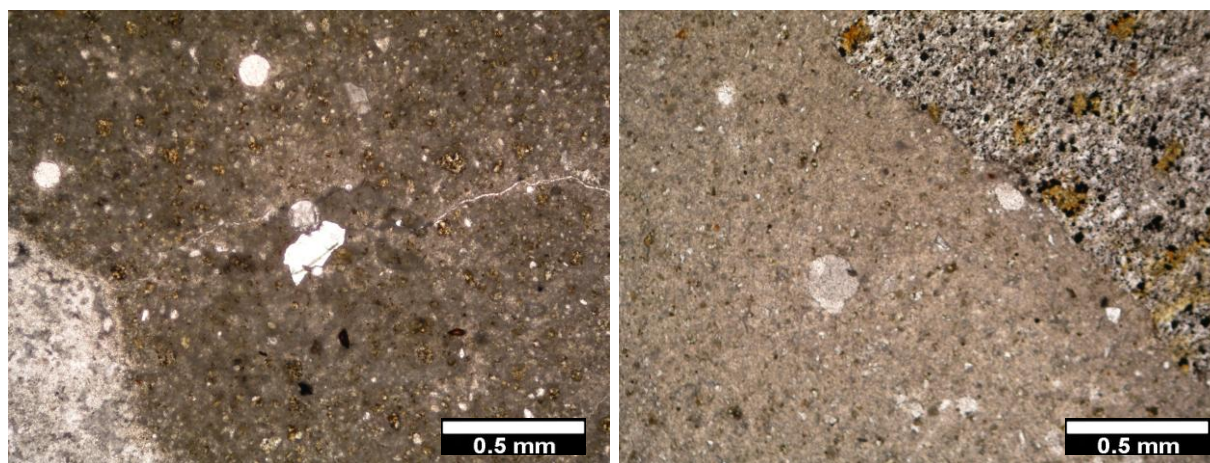
Tab. 7. Srovnání obsahu alkalicko-křemičitého gelu (ASG), měrné délky trhlin a naměřené expanze trámečkových zkoušek.

| Číslo vzorků | Hornina | ASG celkem (XA+XB) (obj. %) | trhliny celkem (XA+XB) (mm/mm ²) | expanze (% prodloužení) |
|--------------|---------|-----------------------------------|---|----------------------------|
| CZ 17A | Melafyr | 0,95 | 0,04 | 0,125 |
| CZ 17B | | | | |
| CZ 21A | Ryolit | 1,06 | 0,02 | 0,145 |
| CZ 21B | | | | |
| CZ 23A | Diabas | 0,00 | 0,00 | 0,043 |
| CZ 23B | | | | |
| CZ 24A | Melafyr | 0,02 | 0,00 | 0,127 |
| CZ 24B | | | | |
| CZ 25A | Spilit | 0,95 | 0,00 | 0,282 |
| CZ 25B | | | | |
| CZ 29A | Bazalt | 0,30 | 0,00 | 0,050 |
| CZ 29B | | | | |

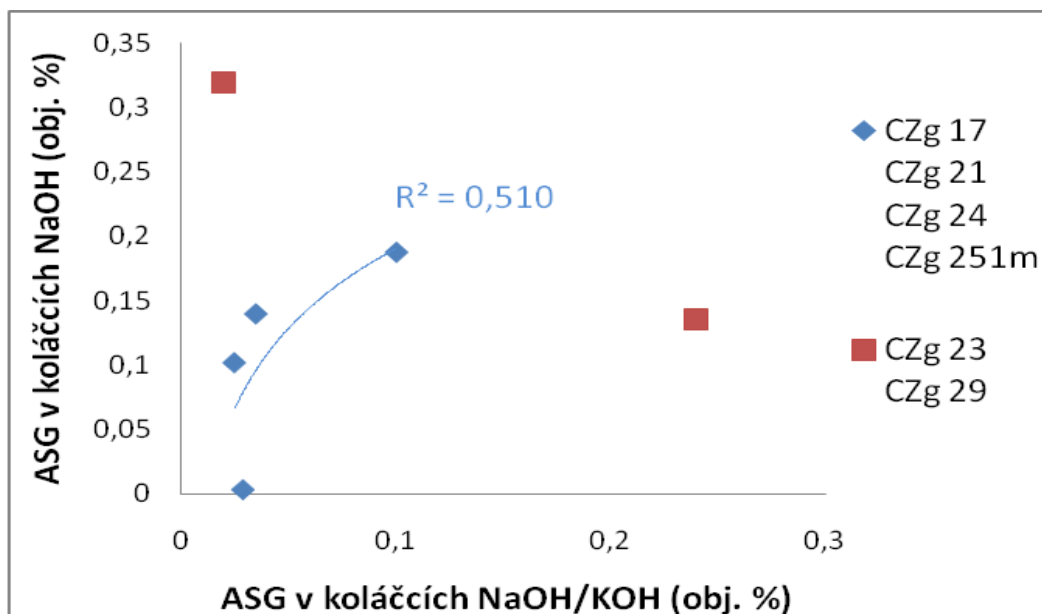
6.2 Zhodnocení reaktivnosti kameniva podle koláčkových zkoušek

Vzorky, které byly ukládány do hydroxidových roztoků tvořených pouze NaOH (např. vzorek č. CZg 25 Na, Obr. 18, vlevo) vykazují vyšší hodnoty přítomnosti alkalicko-křemičitého gelu než roztoky NaOH/KOH (Obr. 19).

Dobře je to vidět na příkladu CZg 29 (Libochovany – bazalt, Obr. 18, vpravo), kdy hodnota NaOH/KOH je pouze 0,02 obj. % a hodnota přítomnosti alkalicko-křemičitého gelu ve vzorku naloženém pouze v roztoku NaOH je 0,32 obj. %. Na těchto příkladech je vidět, že přítomnost alkalicko-křemičitého gelu ve vzorcích se lépe projeví při použití roztoků pouze s NaOH. Toto pozorování dokazuje, že vyšší koncentrace Na v roztocích urychluje nebo zvyšuje tvorbu alkalicko-křemičitého gelu v koláčkových tělesech.



Obr. 18. (vlevo) Gel a trhlina na mikrofotografii z optického mikroskopu, výbrus CZg 25 Na (Zbraslav – spilit); (vpravo) část úlomku a cementové matrix bez projevů ASR, optický mikroskop, výbrus CZg 29 (Libochovany – bazalt).



Obr. 19. Korelace mezi ASG v koláčcích, které byly uloženy v NaOH/KOH a pouze v NaOH roztoku. Červené body jsou vzorky se zpožděnou expanzí.

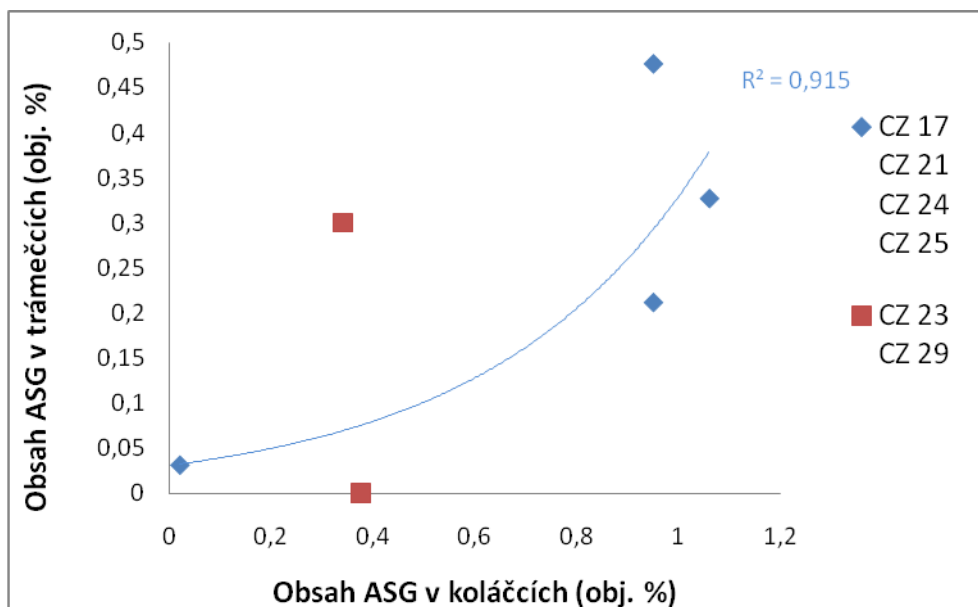
Tab. 8. Porovnání výsledků koláčkových zkoušek, celkový objem gelu, měrná délka trhlin a expanze.

| Čísla vzorků | Hornina | gel celkem (obj. %) | trhliny celkem (mm/mm ²) | expanze (% prodloužení) |
|--------------|---------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| CZg 17 | Melafyr | 0,035 | 0,140 | 0,125 |
| CZg 17 Na | | 0,140 | 0,015 | |
| CZg 17 1m | | 0,037 | 0,180 | |
| CZg 21 | Ryolit | 0,025 | 0,190 | 0,145 |
| CZg 21 Na | | 0,102 | 0,090 | |
| CZg 21 1m | | 0,200 | 0,180 | |
| CZg 23 | Diabas | 0,240 | 0,014 | 0,043 |
| CZg 23 Na | | 0,135 | 0,012 | |
| CZg 24 | Melafyr | 0,029 | 0,310 | 0,127 |
| CZg 24 Na | | 0,003 | 0,190 | |
| CZg 25 14 | Spilit | 0,073 | 0,290 | 0,282 |
| CZg 25 14Na | | 0,115 | 0,110 | |
| CZg 25 1m | | 0,100 | 0,190 | |
| CZg 25 1mNa | | 0,188 | 0,210 | |
| CZg 29 | Bazalt | 0,020 | 0,000 | 0,050 |
| CZg 29 Na | | 0,320 | 0,180 | |

Dalším zajímavým parametrem je měrná délka trhlin (Tab. 8). Hodnoty se pohybují od nevýznamných 0,01 mm/mm² (resp. 0,00 mm/mm²) do 0,31 mm/mm². Nejčastěji byly trhliny pozorovány v cementové matrix, méně pak na kontaktech cementové matrix s úlomky.

6.3 Srovnání přítomnosti alkalicko-křemičitých gelů v trámečkových a koláčkových tělesech

Zajímavým srovnáním může být porovnání výskytu alkalicko-křemičitých gelů a trhlin v trámečkových a koláčkových tělesech (Tab. 9). Mezi oběma typy hodnot byla nalezena pozitivní závislost (Obr. 20). Této závislosti neodpovídají vzorky č. CZ 23 (Chrtníky – diabas) a CZ 29 (Libochovany – bazalt), které mají rozkolísané obsahy alkalicko-křemičitých gelů v trámečkových tělesech a současně velmi nízké obsahy gelů v koláčkových tělesech. Celkově vyšší obsahy alkalicko-křemičitých gelů v trámečkových tělesech mohou být důsledkem vysoké teploty (80° C), při které jsou trámečková tělesa urychlována a která je o 55°C vyšší než běžná pokojová teplota, při které jsou zkoušena koláčková tělesa.



Obr. 20. Korelace přítomnosti alkalicko-křemičitých gelů (ASG) v trámečkových a koláčkových tělesech urychlovaných v roztoku NaOH. Červené body jsou vzorky se zpožděnou expanzí.

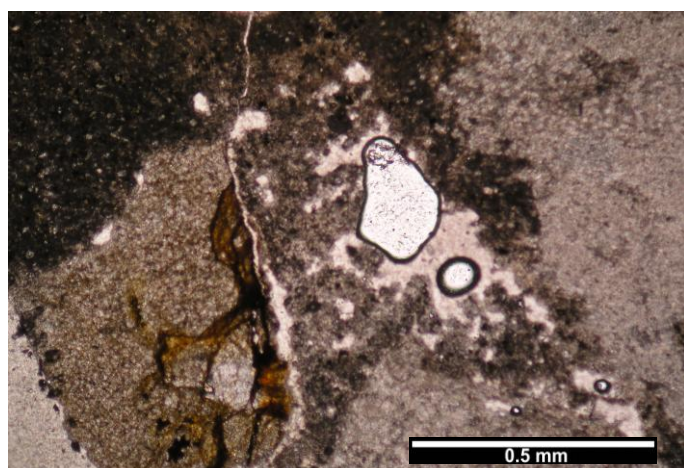
Tab. 9. Srovnání celkových obsahů alkalicko-křemičitých gelů (ASG) a trhlin v trámečkových a koláčkových tělesech (označení „g“ v čísle vzorku).

| Číslo vzorků | Hornina | ASG celkem (XA+XB) (obj. %) | trhliny celkem (XA+XB) (mm/mm ²) | Číslo vzorků | Hornina | ASG celkem (XA+XB) (obj. %) | trhliny celkem (XA+XB) (mm/mm ²) |
|--------------|---------|-----------------------------|--|--------------|---------|-----------------------------|--|
| CZ 17A | | 0,95 | 0,04 | CZ 24A | Melafyr | 0,02 | 0,00 |
| CZ 17B | | | | CZ 24B | | | |
| CZg 17NaA | | 0,14 | 0,02 | CZg 24NaA | | 0,00 | 0,19 |
| CZg 17NaB | | | | CZg 24NaB | | | |
| CZ 21A | | 1,06 | 0,02 | CZ 25A | Spilit | 0,95 | 0,00 |
| CZ 21B | | | | CZ 25B | | | |
| CZg 21NaA | | 0,10 | 0,09 | CZg 251mNaA | | 0,19 | 0,21 |
| CZg 21NaB | | | | CZg 251mNaB | | | |
| CZ 23A | Diabas | 0,00 | 0,00 | CZ 29A | Bazalt | 0,30 | 0,00 |
| CZ 23B | | | | CZ 29B | | | |
| CZg 23NaA | | 0,14 | 0,01 | CZg 29NaA | | 0,32 | 0,18 |
| CZg 23NaB | | | | CZg 29NaB | | | |

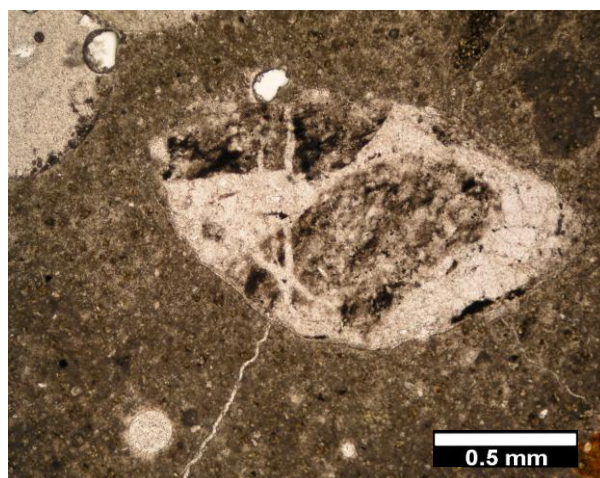
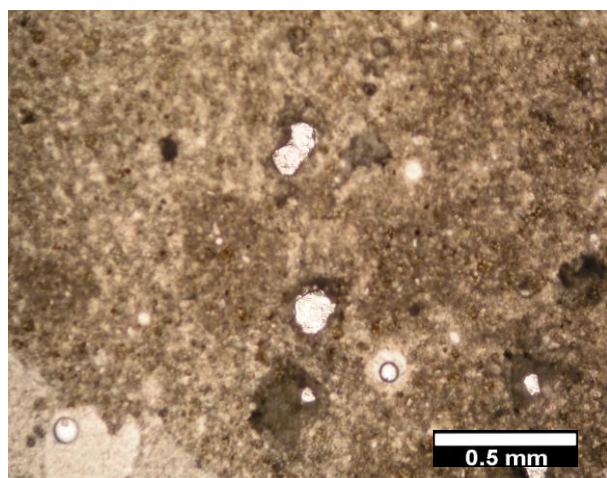
Z výsledků vyplývá, že vyšší hodnoty přítomnosti alkalicko-křemičitého gelu vykazují trámečky. Jsou to v poměru 0,00 - 1,06 obj. % gelu v trámečkových tělesech ku 0,00 – 0,32 obj. % gelu v koláčkových tělesech (Obr. 21).

Další srovnání nabízí hodnoty měrné délky trhlin ve výbrusech vzorků měřené analýzou obrazu. Trhliny v trámečkách nejsou tak patrné jako u koláčků (Obr. 22) a také jejich hodnoty nejsou tak vysoké pohybují se od 0 do 0,04 mm/mm². Pro nás zajímavější jsou hodnoty měrné délky trhlin koláčků, které jsou přeci jen vyšší a jsou v rozmezí sice od 0,00 ale do 0,31 mm/mm². Naproti koláčkům naložených po určitou dobu v roztoku NaOH, kde byl obsah gelu vyšší než v roztoku NaOH/KOH, je tomu opačně a koláčky z NaOH mají nižší hodnoty měrné délky trhlin než koláčky z NaOH/KOH. Zatímco v NaOH/KOH jsou měrné délky trhlin v rozmezí 0,01 – 0,31 mm/mm², mají koláčky z NaOH o trochu nižší hodnoty a to 0,01 – 0,21 mm/mm². Může se proto předpokládat, že roztoky NaOH mají vliv na vyšší hodnoty obsahu alkalicko-křemičitého gelu, ale naopak nižší výsledky měrných délek trhlin.

Ačkoliv Pertold et al. (2008) označuje některé vulkanity jako nereaktivní, výsledky analýz ukazují, že vulkanity zvolené pro tuto diplomovou práci se pohybují v oblasti nereaktivních i potenciálně reaktivních typů kameniva.



Obr. 21. Alkalicko-křemičitý gel přítomný ve výbrusu trámečku CZ 17 (Libeč-Babí – melafyr) .



Obr. 22. Mikrofotografie z optické mikroskopie vzorků, které byly ponechány v roztoku NaOH/KOH (vlevo) a pouze v NaOH (vpravo).

6.4 Vliv zpoždění vzniku alkalicko-křemičité reakce na přítomnost alkalicko-křemičitého gelu

Zvláštní pozornost byla při řešení diplomové práce věnována 2 vzorkům vykazujícím zpožděnou expanzí. Vzorky CZ 23 (Chrtínky - diabas) a CZ 29 (Libochovany - bazalt) při 14-ti denní trámečkové zkoušce začaly vykazovat expanzi až po jednom týdnu zkoušení.

Vzorky se zpožděnou expanzí v konečném výsledku nevykazují tak vysoké obsahy gelu v trámečkových tělesech. V případě vzorku CZ 23 (Chrtínky – diabas) je obsah gelu v trámečkových tělesech 0,00 obj. %. Naproti tomu ten samý vzorek vykazuje relativně vysoký obsah alkalicko-křemičitého gelu v koláčkových tělesech (0,24 obj. %). Rozdílný obsah alkalicko-křemičitých gelů lze vysvětlit delší dobou průběhu koláčkových zkoušek.

Při vzájemné korelaci alkalicko-křemičitých gelů v trámečkových a koláčkových tělesech se vzorky se zpožděnou expanzí nacházejí v jiné oblasti grafu než vzorky, které reagovaly rovnoměrně po celou dobu dilatačních zkoušek (Obr. 19). Z důvodu zpožděné reaktivnosti byly tyto vzorky z korelační křivky vynechány. Vliv zpoždění expanze může značně ovlivňovat výsledky trámečkových zkoušek reaktivnosti a měl by být zohledňován při jejich interpretaci.

7. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zkoumání možné potenciální reaktivity vulkanických hornin těžených v České republice a využívaných pro výrobu drceného kameniva. Aplikovány byly dvě nezávislé metody: (1) standardně používaná urychlená trámečková zkouška a (2) méně obvyklá koláčková zkouška. Mikroskopický výzkum byl využit k petrografickému určení typu kameniva a ke zkoumání přítomnosti alkalicko-křemičitého gelu přímo v trámečkových a koláčkových tělesech. Mikroskopie byla kombinována s analýzou obrazu s cílem kvantitativního stanovení obsahu alkalicko-křemičitého gelu a měrné délky trhlin. Obsah alkalicko-křemičitých gelů byl stanoven v obj. % z plochy výbrusů, měrná délka trhlin byla vyčíslena v mm/mm².

Petrograficky lze vzorky klasifikovat jako bazalt, spilit, melafyr, ryolit, diabas, porfyr a fonolit. Z výzkumu reaktivnosti vyplývá, že kamenivo spadá do oblasti nereaktivního až potenciálně reaktivního. Podrobněji byly zkoumány vzorky potenciálně reaktivní.

Porovnání obsahů alkalicko-křemičitých gelů v trámečkových a koláčkových tělesech ukázalo, že vyšší hodnoty obsahu alkalicko-křemičitého gelu vykazují trámečky, v poměru 0,95 obj. % gelu v trámečkových tělesech, oproti hodnotám 0,14 obj. % gelu v koláčkových tělesech. Toto zvýšení může být důsledkem vysoké teploty (80° C), při které jsou trámečková tělesa urychlována.

Porovnání obsahů alkalicko-křemičitých gelů v koláčkových tělesech urychlovaných roztoky NaOH/KOH s roztoky NaOH ukazuje, že roztoky obsahující pouze NaOH mají větší vliv na přítomnost alkalicko-křemičitého gelu než roztoky tvořené z obou hydroxidů. To dokazuje, že vyšší koncentrace NaOH v roztocích urychluje nebo zvyšuje tvorbu alkalicko-křemičitých gelů. Oproti tomu koncentrace NaOH ovlivňuje negativně měrnou délku trhlin a to tak, že koláčky ponechané pouze v NaOH mají nižší hodnoty měrné délky trhlin než z roztoků NaOH/KOH.

Také zpoždění reakce má vliv na celkové zhodnocení přítomnosti alkalicko-křemičitého gelu ve vzorcích. Vzorky se zpožděnou reakcí se pohybují v jiné oblasti grafu než ostatní vzorky a tím pádem zkreslují pohled na výzkum alkalicko-křemičité reaktivnosti kameniva. Zajímavým doplněním výzkumu by bylo věnovat pozornost vzorkům vykazujícím zpožděnou reaktivnost a porovnat tyto hodnoty s jejich reaktivností v reálném betonovém prostředí.

Z metodického pohledu se ukázalo, že použití koláčkové zkoušky rozšiřuje možnosti zkoumání reaktivnosti kameniva. Oproti dřívějším aplikacím na zjištění vysoce reaktivních amorfních forem SiO₂ ji lze vhodně využít i pro další typy hornin, zejména po vhodném upravení složení reakčních roztoků. Zvláště, v případě koláčkové zkoušky, je nutné pozorované jevy sledovat pomocí mikroskopických metod a případně je kvantifikovat vhodnými nástroji - např. počítačovou analýzou obrazu.

8. LITERATURA

Alderman, A.R., Gaskin, A.J., Jones S. H., Vivian H. E., 1947. Australian Aggregates and Cements in Studies In Cement-Aggregate Reaction. Bulletin No. 229, Council for Scientific and Industrial Research, Melbourne, Australia, 1-46.

ASTM C227, 2003. Standard test method for potential alkali reactivity of cement-aggregate combinations (Mortar-Bar Method). ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM C289 - 07, 1987. Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method). American Society for Testing & Materials. West Conshohocken, Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C295-85, 1985. Standard practice for petrographic examination of aggregates for concrete. American Society for Testing & Materials. West Conshohocken, Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C342-97, 2001. Standard Test Method for Potential Volume Change of Cement-Aggregate Combinations (Withdrawn). Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C1260, 2007. Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates (Mortar-Bar Method). ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM C1293, 2008. Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction. ASTM International, West Conshohocken, PA.

Bartoš V., 2003. Pracovní návod k použití detekční soupravy pro určení produktů alkalicko-křemičité reakce (ASR – alkali – silica reaction) v betonu.

Bártů J., Kořán J., Rybařík V., 1983. Zbraslav JZ a Zbraslav II. Surovina kámen. Etapa průzkumu předněžná, těžební stav ke dni: 1. 6. 1983. MS Geofond Praha (FZ 005962), 77 str., 46 příl.

Bašta J., Kohout J., 1971. Těškov – Kněžský vrch – surovina: kámen. MS Geofond Praha (FZ 005206), 38 str., 22 příl.

Bašta J., Kraft J., 1978. Trnčí – Chlumská. Surovina: kámen. MS Geofond Praha (FZ 005643). 51 str., 13 příl.

Bašta J., Hoeschl V., Krutský N., 1987. Závěrečná zpráva úkolu Všechlapy – 01851089. Surovina kámen. Etapa průzkumu: podrobná (těžební). Stav ke dni: 24. 2. 1987. MS Geofond Praha (FZ 006175), 39 str., 61 příl.

Bašta J., Kolář Z., Roehlich P., Šimůnek J., 1970. Dolánky – 5111383909, surovina: kámen – čedič. Etapa průzkumu: Těžební. Stav ke dni: 9. 4. 1970. MS Geofond Praha (FZ 005048), 43 str., 19 příl.

Bašta J., Kavka J., Kolář Z., Kroneš J., Šanda O., 1974. Závěrečná zpráva Libochovany II – 511383911. Surovina: kámen. Etapa průzkumu: podrobná. Stav ke dni: 20. 2. 1974. MS Geofond Praha (FZ 005388), 74 str., 69 příl.

Bašta J., Cholava J., Černá D., Drožen J., Cloeckner P., Kroneš J., 1976. Závěrečná zpráva úkolu: Měřunice II 5111383458. Etapa průzkumu: podrobná. Stav ke dni: 5. 5. 1976. MS Geofond Praha (FZ 005520), 53 str., 15 příl.

Bašta J., Frejvald J., Horných V., Hošek M., Huebner K., Suková H., 1973. Královec; surovina: kámen. MS Geofond Praha (F7 005345), 64 str., 17 příl.

Bennet D. L., 2004. Handbook for Identification of Alkali-Silica Reactivity in Airfield Pavements. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration.

Bérubé M.A., 2001. The Mineralogical and Petrographic Analysis of Concrete Aggregates. Mineralogy Overwiev, 45-47.

Bérubé A., Duchesne J., Rivest M., 1996. Alkali Contribution by Aggregates to Concrete In Proceedings. Tenth International Conference on AAR in Concrete, A. Sheyan, ed., Melbourne, Australia, 899-906.

Bérubé A., Duchesne J., Dorion J.F., Rivest M., 2002. Laboratory assessment of alkali contribution by aggregates to concrete and application to concrete structures affected by alkali-silica reactivity. Cement and Concrete Research, 32, 1215 – 1227.

Bílek P., Dostál D., Kořán J., Mág M., Váně M., Vojtová M., Winkler P., 1982. Závěrečná zpráva Chraberce. Surovina: kámen. Etapa průzkumu: podrobná. Stav ke dni: 23. 2. 1982. MS Geofond Praha (FZ 005920), 42 str., 29 příl.

BS 7943, 1999. Interpretation of petrographic analysis of aggregates in ASR. British Standards Institution, London, UK.

Chatterji S., 1978. An Accelerated Method for Detection of Alkali-Aggregate Reactivities of Aggregates. Cement and Concrete Research, 8, 647-650.

Chatterji S., 2005. Chemistry of alkali-silica reaction and testing of aggregates. Cement & Concrete Composites 27, 788-795.

Chlápek M., Dvořák D., Horák J., Vocílka M., 1991. Mariánská skála (okres Ústí nad Labem), účel: drcené kamenivo, etapa: těžební průzkum. MS Geofond Praha (P 072489), 29 str., 28 příl.

Čečelín V., Havelka V., Kavka J., Kříž L., Michalíčková V., Šimůnek J., Švec J., 1967. Závěrečná zpráva Císařský. Surovina: čedič. MS Geofond Praha (FZ 004807), 56 str., 21 příl.

ČSN 72 1153, 1983. Petrografický rozbor přírodního stavebního kamene. Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, Praha, 8.

ČSN 72 1179, 1967. Determination of alkali reactivity of aggregates. Český standardizační institut, Praha.

Čtyrský V., Hošek M., Tylový V., 1961. Průzkum kamene Libeč. Surovina: melafyr. Etapa průzkumu: podrobná. Stav ke dni: 31. 8. 1960. MS Geofond Praha (FZ 004153), 40 str., 27 příl.

Čtyrský V., Jonáš L., Kautský J., 1961. Průzkum čediče 1959 – 1960 Mokrý. MS Geofond Praha (FZ 003868), 30 str., 16 příl.

Davies G., Oberholster R. E., 1986. Use of the NBRI Accelerated Test to Evaluate the Effectiveness of Mineral Admixtures in Preventing the Alkali-Silica Reaction. Cement and Concrete Research, 17, 97-107.

Davies G., Oberholster R. E., 1987. An Interlaboratory Test Programme on the NBRI Accelerated Test to Determine the Alkali-Reactivity of Aggregates In Special Report BOU 92-1987. National Building Research Institute, CSIRO, Pretoria, South Africa, 16.

Dove P. M., 1995. Kinetic and thermodynamic controls on silica reaction in weathering environments. In A. F. White and S. L. Brandtley (ed) Chemical weathering rates of silicate minerals. Reviews in Mineralogy, 31, 235 – 290.

Fournier B., Bérubé M. A., 1993. The Use of the Gel Pat Test to Evaluate the Potential Alkali-Reactivity of Carbonate Aggregates of the St. Lawrence Lowlands of Quebec. Cement and Concrete Composites, 15, 49-73.

Gloekner P., Klícha J., Kořán J., Kroneš J., Mág M., Snížek J., 1979. Závěrečná zpráva úkolu Dobkovičky 01791027. Surovina: kámen. Etapa průzkumu: podrobná. Stav ke dni: 11. 10. 1979. MS Geofond Praha (FZ 005763), 38 str., 9 příl.

Grattan – Belew P. E., 1997. A critical review of ultra – accelerated tests for alkali-silica reactivity. *Cement and Concrete Research*, 19 (5 – 6), 403 – 414.

Guthrie G. D., Carey J. W., 1997. A simple environmentally friendly, and chemically specific method for the identification and evaluation of the alkali-silica reaction. *Cement and Concrete Research*, 21, No. 9, 1407 - 1417.

Hooton D., Rogers C. A., 1989. Evaluation of Rapid Test Methods for Detecting Alkali-Reactive Aggregates Proceedings. Eighth International Conference on Alkali-Aggregate Reaction, Kyoto, Japan, 439-444.

Hooton D., Rogers C. A., 1992. Development of the NBRI Rapid Mortar Test Leading to its Use in North America Proceedings. Ninth International Conference on AAR in Concrete, London, 461-467.

Hošek M., Kříž L., Michalíčková M., 1962. Závěrečná zpráva Rožmitál u Berouna. Surovina: kámen (porfyrit). Etapa průzkumu: podrobná. Stav ke dni: 14. 4. 1962. MS Geofond Praha (FZ 004562), 45 str., 69 příl.

Hříbal Z., Pacák O., Peluněk V., Šmaus J., Vilímek M., 1964. Smřčí – Proseč. Surovina: čedič. MS Geofond Praha (FZ 004701), 41 str., 19 příl.

Jandrníček V., Klen L., Viták K., 1955. Průzkum dijabasu 1954 – Choltice. MS Geofond Praha (FZ 000937), 17 str., 17 příl.

Janoušek B., 1974. Závěrečná zpráva Lhota Rapotina. Surovina: kámen. Etapa: vyhledávací a předběžný průzkum. MS Geofond Praha (FZ 005375), 70 str., 117 příl.

Kavka J., Kolář Z., Kořán J., Šimůnek J., 1971. Těchlovice – 5111383912. Surovina: kámen – čedič. Etapa průzkumu: podrobná. Stav ke dni: 1. 7. 1970. MS Geofond Praha (FZ 005146), 39 str., 16 příl.

Korkanc M., Tugrik A., 2005. Evaluation of selected basalts from the point of alkali-silica reactivity. *Cement and Concrete Research*, 35, 505– 512.

Kříž L., Lang M., Michalíčková V., Sedlář J., Šimůnek J., Šípek E., Švec J., 1968. Bezděčín. Surovina: melafyr. Stav ke dni: 17. 1. 1968. MS Geofond Praha (P 020280, V 058113), 31 str., 23 příl.

Lukschová Š., Přikryl R., 2006. Quantification of reactive components in sands and gravels by petrographic image analysis (modified RILEM method). *Proc. 2nd Int. Conf. Concr. Repair*, St Malo, France.

Marek F., 2000. Výpočet zásob v dobývacím prostoru na ložisku bazaltu Krásný Les., MS Geofond Praha (FZ 006639), 13.

Modrý S., Dohnálek J., Gemrich J., Hörbe M., Táborský T., Dobiáš D., 2003. Vyloučení alkalické reakce kameniva v betonu na stavbách pozemních komunikací. Výroční zpráva projektu za r. 2003. Číslo projektu: 803/120/114.

Nixon P.J., 2000. (členové RILEM TC 106 - AAR). Alkali-aggregate reaction - Recommendations - B-TC106-3 (nyní AAR-2) Detection of potential alkali-reactivity of aggregates - Method for aggregate combinations using concrete prisms. *Material Structure*, 33, no. 229, 290-293.

Pertold Z., Lukschová Š., Přikryl R., 2008. Ověření úspěšnosti oprav a rekonstrukcí mostů. Identifikace alkalické reakce kameniva v betonu a nalezení jejích příčin. Zpráva za rok 2007. Technická zpráva.

Přikryl R., 2001. Some microstructural aspects of strength variation in rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 38, 671 – 682.

RILEM AAR-1, 2002. Outline Guide to the Use of RILEM Methods in Assessments Aggregates for Potential Alkali-Reactivity. RILEM Technical Committee TC ARP.

Roehlich P., Stahl J., 1961. Průzkum kamene 1961 Čenkov (spilit). MS Geofond Praha (FZ 003857), 23 str., 19 příl.

Rybařík V., 1986. Závěrečná zpráva úkolu Sýkořice – surovina: kámen – Etapa průzkumu: vyhledávací, předběžná – stav ke dni: 14. 7. 1986. MS Gefond Praha (FZ 006158), 31 str., 45 příl.

Sims I., 1981. The Application and Reliability of Standard Testing Procedures for Potential Alkali-Aggregate Reactivity In Proceedings. Fifth International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, S252/13, Capetown, South Africa, 11.

Stanton T. E., Porter O.J., Meder L.C., Nicol A., 1940. Expansion of Concrete through Reaction between Cement and Aggregate In Proceedings. American Society of Civil Engineers, p. 1781-1811. (Reprinted with discussion and closure in Transaction, ASCE, 107, 54-126.)

Stanton T.E., Porter O.J., Meder L.C., Nicol A., 1942. California Experience With the Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate. Journal Proceedings, 38, 209-236.

Stark D. C., 1991. Handbook for the identification of alkali silica reactivity in highway structures. Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, Technical report no. SHRP-C / FR-91-101.

Stark D. C., Morgan B., Okamoto P., Diamond S., 1993. Eliminating or Minimizing Alkali-Silica Reactivity SHRP-C-343, Strategic Highway Research Program. National Research Council, Washington D. C., 266.

Stark D. C., 1994. Alkali-Silica Reaction in Concrete In Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials. ASTM STP 169 C, P. Klieger and J. Lamind, eds., 365-371.

St John D. A., Poole A. B., Sims I., 1998. Concrete petrography. A handbook of investigative techniques. Arnold, London, 450 str.

TP 137, 2003. Vyloučení alkalické reakce kameniva v betonu na stavbách pozemních komunikací. Technický předpis Ministerstva dopravy ČR, 39.

Tuthill, L. H., 1980. Performance Failures of Concrete Materials and of Concrete as a Material. ACI Concrete International, 2, No. 1, 1980, 33-39.

Wang H., Gillott J. E., 1991. Mechanism of Alkali-Silica Reaction and the significance of Calcium Hydroxid. Cement and Concrete Research, 21, No. 4, 647-654.

PŘÍLOHY ZA TEXTOVOU ČÁSTÍ

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Vzorek číslo CZ/13

Datum zahájení : 12.2.2008

Lokalita : KRÁSNÝ LES

Provedl Soukup

Datum ukončení : 28.2.2008

Homina : Čedič

Číslo skřínky

Kontrola : Soukupová

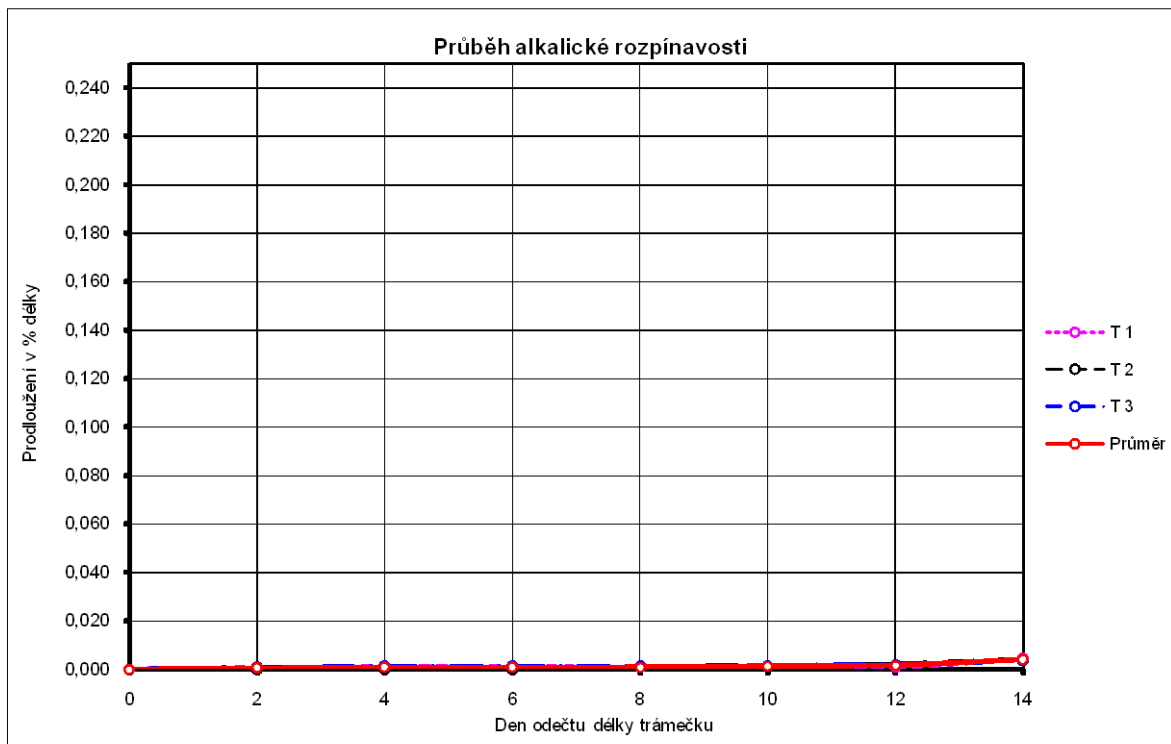
Délka kalibru : 295,481

Pracoviště HC

Datum : 28.2.2008

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|---------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometr | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | I ₁ | ΔI ₁ | ΔI ₁ % | I ₂ | ΔI ₂ | ΔI ₂ % | I ₃ | ΔI ₃ | ΔI ₃ % | ΔI % |
| den | dne | °C | % | μ m | μ m | % | μ m | μ m | % | μ m | μ m | % | % |
| 0 | 14.2 | 20 | 50 | -685 | 0 | 0,000 | 170 | 0 | 0,000 | 321 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 16.2 | 20 | 50 | -683 | 2 | 0,001 | 170 | 0 | 0,000 | 323 | 2 | 0,001 | 0,001 |
| 4 | 18.2 | 20 | 60 | -682 | 3 | 0,001 | 170 | 0 | 0,000 | 324 | 3 | 0,001 | 0,001 |
| 6 | 20.2 | 20 | 50 | -682 | 3 | 0,001 | 170 | 0 | 0,000 | 324 | 3 | 0,001 | 0,001 |
| 8 | 22.2 | 20 | 50 | -683 | 2 | 0,001 | 172 | 2 | 0,001 | 324 | 3 | 0,001 | 0,001 |
| 10 | 24.2 | 21 | 60 | -682 | 3 | 0,001 | 173 | 3 | 0,001 | 325 | 4 | 0,002 | 0,001 |
| 12 | 26.2 | 20 | 50 | -683 | 2 | 0,001 | 175 | 5 | 0,002 | 326 | 5 | 0,002 | 0,002 |
| 14 | 28.2 | 20 | 50 | -674 | 11 | 0,004 | 180 | 10 | 0,004 | 330 | 9 | 0,004 | 0,004 |

| | |
|--|--------------|
| Průměrné prodloužení trámečků v % délky | 0,004 |
|--|--------------|



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Vzorek číslo CZ/14

Datum zahájení : 12.2.2008

Lokalita : ČISAŘSKÝ

Provedl Soukup

Datum ukončení : 28.2.2008

Homina : Čedič

Číslo skříňky 32

Kontrola : Soukupová

Délka kalibru : 295,481

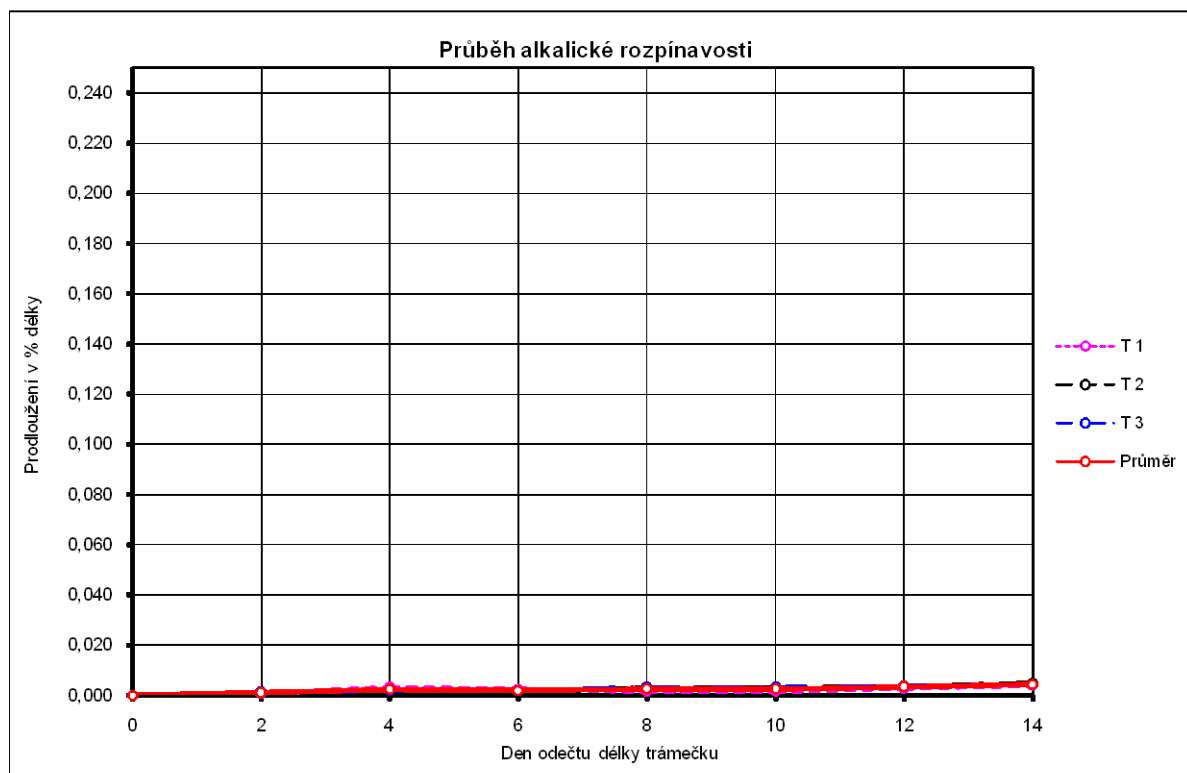
Pracoviště HC

Datum : 28.2.2008

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|---------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometr | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | I ₁ | ΔI ₁ | ΔI ₁ % | I ₂ | ΔI ₂ | ΔI ₂ % | I ₃ | ΔI ₃ | ΔI ₃ % | ΔI % |
| den | dne | °C | % | μ m | μ m | % | μ m | μ m | % | μ m | μ m | % | % |
| 0 | 14.2 | 20 | 50 | -2320 | 0 | 0,000 | 841 | 0 | 0,000 | 480 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 16.2 | 20 | 50 | -2318 | 2 | 0,001 | 844 | 3 | 0,001 | 483 | 3 | 0,001 | 0,001 |
| 4 | 18.2 | 20 | 60 | -2312 | 8 | 0,003 | 845 | 4 | 0,002 | 485 | 5 | 0,002 | 0,002 |
| 6 | 20.2 | 20 | 50 | -2314 | 6 | 0,002 | 845 | 4 | 0,002 | 485 | 5 | 0,002 | 0,002 |
| 8 | 22.2 | 20 | 50 | -2316 | 4 | 0,002 | 848 | 7 | 0,003 | 488 | 8 | 0,003 | 0,003 |
| 10 | 24.2 | 21 | 60 | -2316 | 4 | 0,002 | 848 | 7 | 0,003 | 488 | 8 | 0,003 | 0,003 |
| 12 | 26.2 | 20 | 50 | -2313 | 7 | 0,003 | 850 | 9 | 0,004 | 489 | 9 | 0,004 | 0,003 |
| 14 | 28.2 | 20 | 50 | -2310 | 10 | 0,004 | 853 | 12 | 0,005 | 491 | 11 | 0,004 | 0,004 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,004



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Provozovna : Mariánská skála

Homina : fonolit

Vzorek číslo : CZ/15/ASR1

Provedl : Soukup

Číslo skříňky : 15

Pracoviště : HC

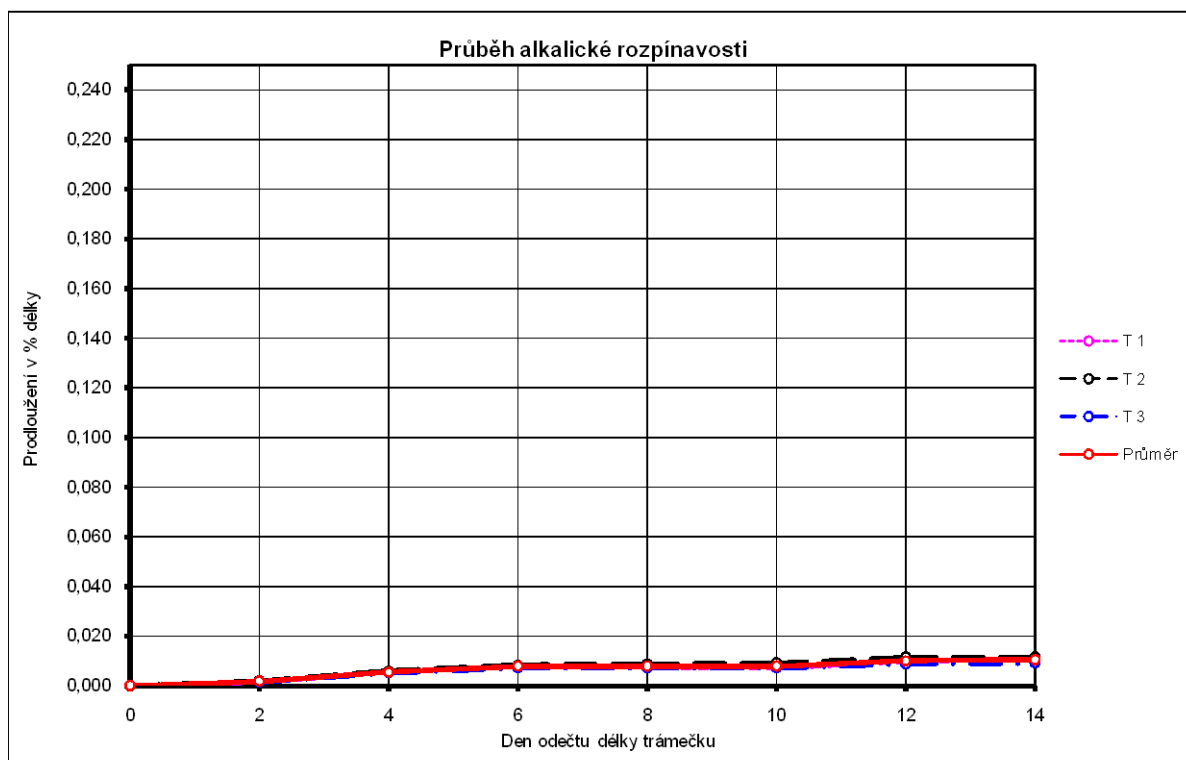
Datum zahájení : 10.11.2009

Datum ukončení : 26.11.2009

Kontrola : Soukupová

Datum : 26.11.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | Δl_1 % | l_2 | Δl_2 | Δl_2 % | l_3 | Δl_3 | Δl_3 % | |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 12.11 | 21 | 65 | 266 | 0 | 0,000 | 127 | 0 | 0,000 | 476 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 14.11 | 21 | 65 | 270 | 4 | 0,002 | 132 | 5 | 0,002 | 480 | 4 | 0,002 | 0,002 |
| 4 | 16.11 | 22 | 60 | 280 | 14 | 0,006 | 142 | 15 | 0,006 | 489 | 13 | 0,005 | 0,006 |
| 6 | 18.11 | 21 | 70 | 286 | 20 | 0,008 | 148 | 21 | 0,008 | 494 | 18 | 0,007 | 0,008 |
| 8 | 20.11 | 20 | 60 | 285 | 19 | 0,008 | 149 | 22 | 0,009 | 494 | 18 | 0,007 | 0,008 |
| 10 | 22.11 | 21 | 60 | 284 | 18 | 0,007 | 150 | 23 | 0,009 | 494 | 18 | 0,007 | 0,008 |
| 12 | 24.11 | 20 | 55 | 291 | 25 | 0,010 | 156 | 29 | 0,012 | 498 | 22 | 0,009 | 0,010 |
| 14 | 26.11 | 20 | 55 | 293 | 27 | 0,011 | 156 | 29 | 0,012 | 499 | 23 | 0,009 | 0,011 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,011**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Vzorek číslo CZ/16/ASR1

Datum zahájení : 10.11.2009

Provozovna : Těchlovice

Provedl Soukup

Datum ukončení : 26.11.2009

Homina : bazalt

Číslo skříňky 15

Kontrola : Soukupová

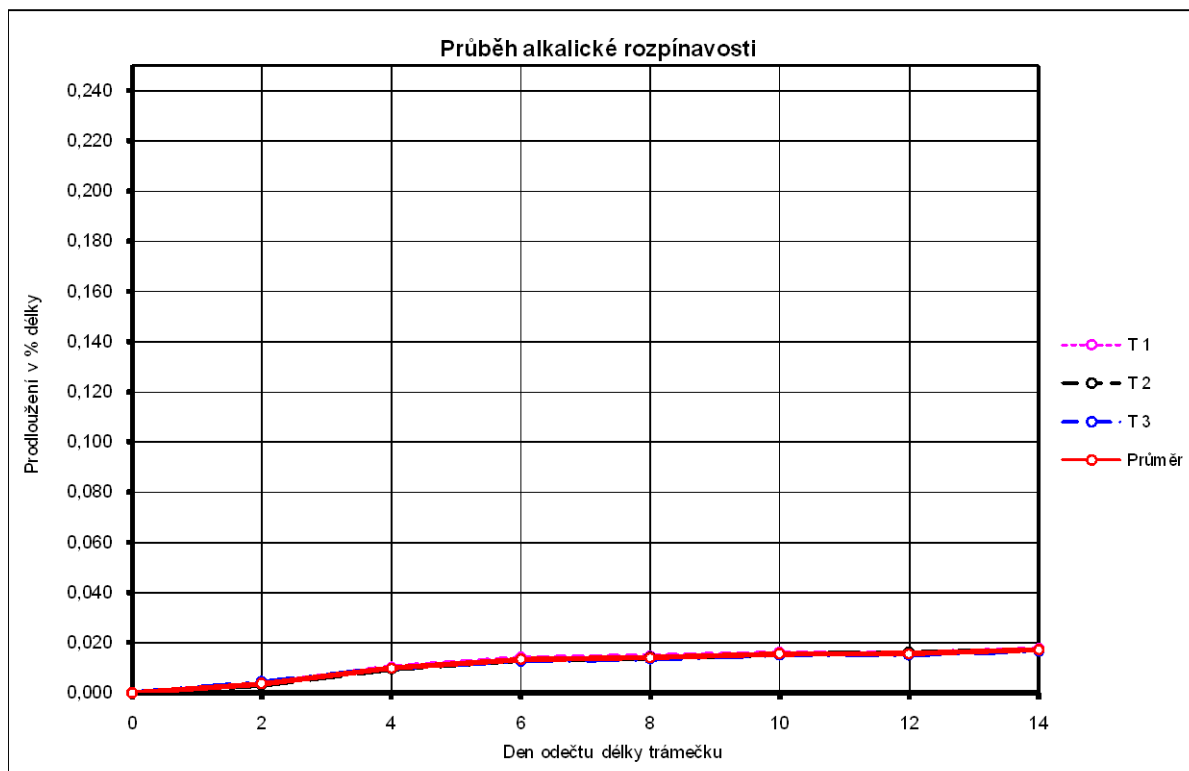
Pracoviště HC

Datum : 26.11.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|---------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|---------------------|--------------|----------------|--------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometr | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometr | Prodloužení | | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | Δl_1 % | l_2 | Δl_2 | Δl_2 % | l_3 | Δl_3 | Δl_3 % | Δl % | |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % | |
| 0 | 12.11 | 21 | 65 | 516 | 0 | 0,000 | 166 | 0 | 0,000 | 432 | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| 2 | 14.11 | 21 | 65 | 525 | 9 | 0,004 | 174 | 8 | 0,003 | 443 | 11 | 0,004 | 0,004 | |
| 4 | 16.11 | 22 | 60 | 542 | 26 | 0,010 | 190 | 24 | 0,010 | 457 | 25 | 0,010 | 0,010 | |
| 6 | 18.11 | 21 | 70 | 551 | 35 | 0,014 | 199 | 33 | 0,013 | 464 | 32 | 0,013 | 0,013 | |
| 8 | 20.11 | 20 | 60 | 553 | 37 | 0,015 | 201 | 35 | 0,014 | 466 | 34 | 0,014 | 0,014 | |
| 10 | 22.11 | 21 | 60 | 556 | 40 | 0,016 | 205 | 39 | 0,016 | 470 | 38 | 0,015 | 0,016 | |
| 12 | 24.11 | 20 | 55 | 556 | 40 | 0,016 | 206 | 40 | 0,016 | 470 | 38 | 0,015 | 0,016 | |
| 14 | 26.11 | 20 | 55 | 560 | 44 | 0,018 | 209 | 43 | 0,017 | 474 | 42 | 0,017 | 0,017 | |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

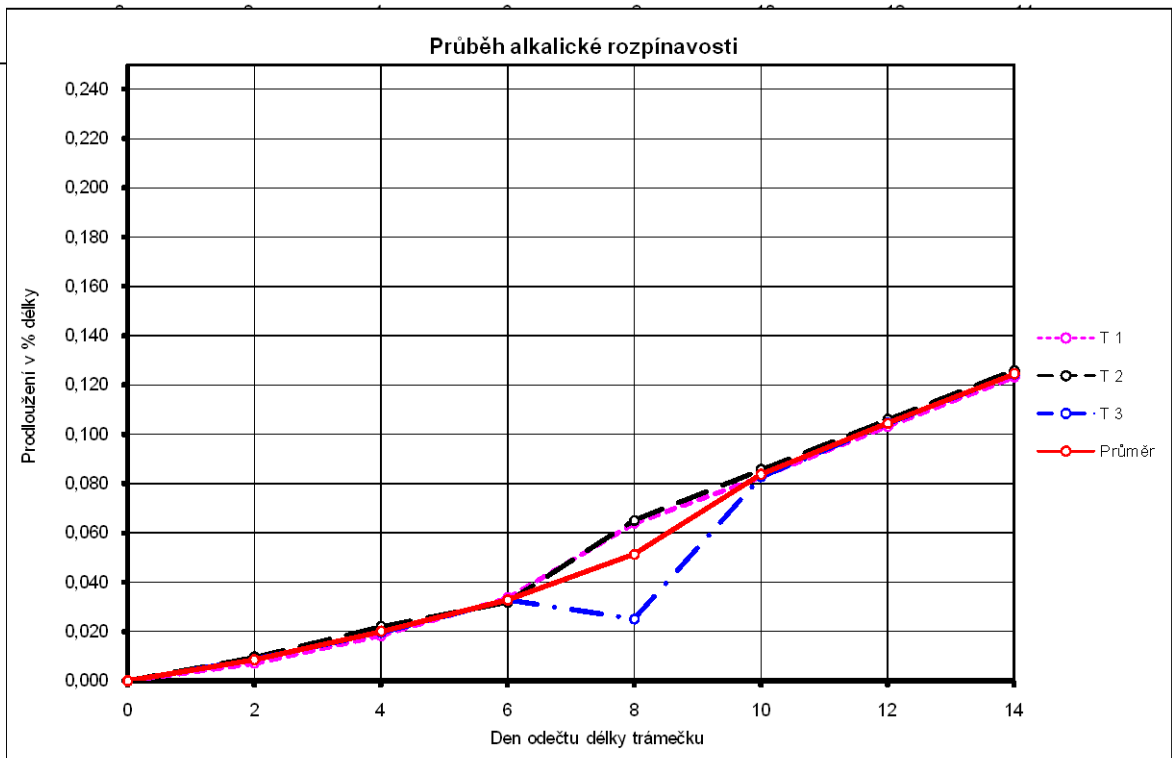
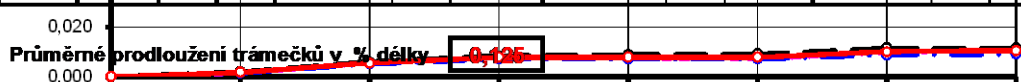
0,017



| Označení | | | | I 1 | | | I 2 | | | I 3 | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | I ₁ | ΔI ₁ | ΔI ₁ % | I ₂ | ΔI ₂ | ΔI ₂ % | I ₃ | ΔI ₃ | ΔI ₃ % | ΔI % |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| Příloha 1 | 17.11 | 21 | 65 | 266 | 0 | 0,000 | 127 | 0 | 0,000 | 476 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 14.11 | 21 | 65 | 270 | 4 | 0,002 | 132 | 5 | 0,002 | 480 | 4 | 0,002 | 0,002 |
| 4 | 16.11 | 22 | 60 | 280 | 14 | 0,006 | 142 | 15 | 0,006 | 489 | 13 | 0,005 | 0,006 |
| 6 | 18.11 | 20 | 55 | 285 | 20 | 0,007 | 149 | 22 | 0,009 | 494 | 19 | 0,007 | 0,008 |
| 8 | 20.11 | 20 | 55 | 295 | 29 | 0,010 | 156 | 29 | 0,012 | 498 | 22 | 0,009 | 0,010 |
| 10 | 22.11 | 21 | 60 | 284 | 18 | 0,007 | 150 | 23 | 0,009 | 494 | 18 | 0,007 | 0,008 |
| 12 | 24.11 | 20 | 55 | 291 | 25 | 0,010 | 156 | 29 | 0,012 | 498 | 22 | 0,009 | 0,010 |
| 14 | 26.11 | 20 | 55 | 293 | 27 | 0,011 | 156 | 29 | 0,012 | 499 | 23 | 0,009 | 0,011 |

Zakázka číslo :
Průměrné prodloužení trámečků v % délky : **0,011**
Lokalita : BABI
Vzorek číslo : CZ/17
Provedl : Soukup
Datum zahájení : 11.2.2008
Datum ukončení : 27.2.2008
Hormina : Melafyr
Číslo skříňky : 17
Kontrola : Soukupová
Délka kalibru : 295,481
Průběh alkalické rozpínivosti :
Datum : 27.2.2008

| Vzorek | | | | | | | | | | | | | | Trámeček | | | | | | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|------------|------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------------------|-------------|----------|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|-------------------------|
| Označení | | | | | | | | T 1 | | | | | | T 2 | | | | | | T 3 | | | | | | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | | | | | 250 | | | | | | 250 | | | | | | 250 | | | | | | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometr | Prodloužení | | | Odečet mikrometr | Prodloužení | | | Odečet mikrometr | Prodloužení | | | | | | | | | | | | | | | |
| n | - | - | - | I ₁ | ΔI ₁ | ΔI ₁ % | I ₂ | ΔI ₂ | ΔI ₂ % | I ₃ | ΔI ₃ | ΔI ₃ % | ΔI % | | | | | | | | | | | | | | | |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 13.2 | 21 | 50 | 694 | 0 | 0,000 | 841 | 0 | 0,000 | 98 | 0 | 0,000 | 0,000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 15.2 | 20 | 50 | 712 | 18 | 0,007 | 865 | 24 | 0,010 | 120 | 22 | 0,009 | 0,009 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 17.2 | 20 | 60 | 740 | 46 | 0,018 | 896 | 55 | 0,022 | 147 | 49 | 0,020 | 0,020 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 19.2 | 20 | 50 | 778 | 84 | 0,034 | 921 | 80 | 0,032 | 180 | 82 | 0,033 | 0,033 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 21.2 | 20 | 50 | 854 | 160 | 0,064 | 1004 | 163 | 0,065 | 161 | 63 | 0,025 | 0,051 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 23.2 | 21 | 60 | 901 | 207 | 0,083 | 1055 | 214 | 0,086 | 305 | 207 | 0,083 | 0,084 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 25.2 | 20 | 50 | 952 | 258 | 0,103 | 1106 | 265 | 0,106 | 359 | 261 | 0,104 | 0,105 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 27.2 | 20 | 50 | 1002 | 308 | 0,123 | 1156 | 315 | 0,126 | 409 | 311 | 0,124 | 0,125 | | | | | | | | | | | | | | | |



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : K/09

Vzorek číslo :

Datum zahájení : 15.6.2009

Provozovna : DOUBRAVICE

Provedl Soukup

Datum ukončení : 1.7.2009

Homina : Melafyr

Číslo skříňky : 22

Kontrola : Soukupová

Pracoviště HC

Datum : 1.7.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 17.6 | 22 | 60 | 900 | 0 | 0,000 | 1129 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 19.6 | 23 | 60 | 912 | 12 | 0,005 | 1141 | 12 | 0,005 | | | | 0,005 |
| 4 | 21.6 | 22 | 55 | 945 | 45 | 0,018 | 1172 | 43 | 0,017 | | | | 0,018 |
| 6 | 23.6 | 22 | 60 | 975 | 75 | 0,030 | 1206 | 77 | 0,031 | | | | 0,030 |
| 8 | 25.6 | 22 | 70 | 1003 | 103 | 0,041 | 1229 | 100 | 0,040 | | | | 0,041 |
| 10 | 27.6 | 22 | 60 | 1035 | 135 | 0,054 | 1260 | 131 | 0,052 | | | | 0,053 |
| 12 | 29.6 | 22 | 70 | 1063 | 163 | 0,065 | 1282 | 153 | 0,061 | | | | 0,063 |
| 14 | 1.7 | 22 | 70 | 1081 | 181 | 0,072 | 1304 | 175 | 0,070 | | | | 0,071 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,071



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Vzorek číslo :

Datum zahájení : 5.3.2008

Lokalita : TRNČÍ

Provedl Soukup

Datum ukončení : 21.3.2008

Hornina :

Číslo skřínky 4

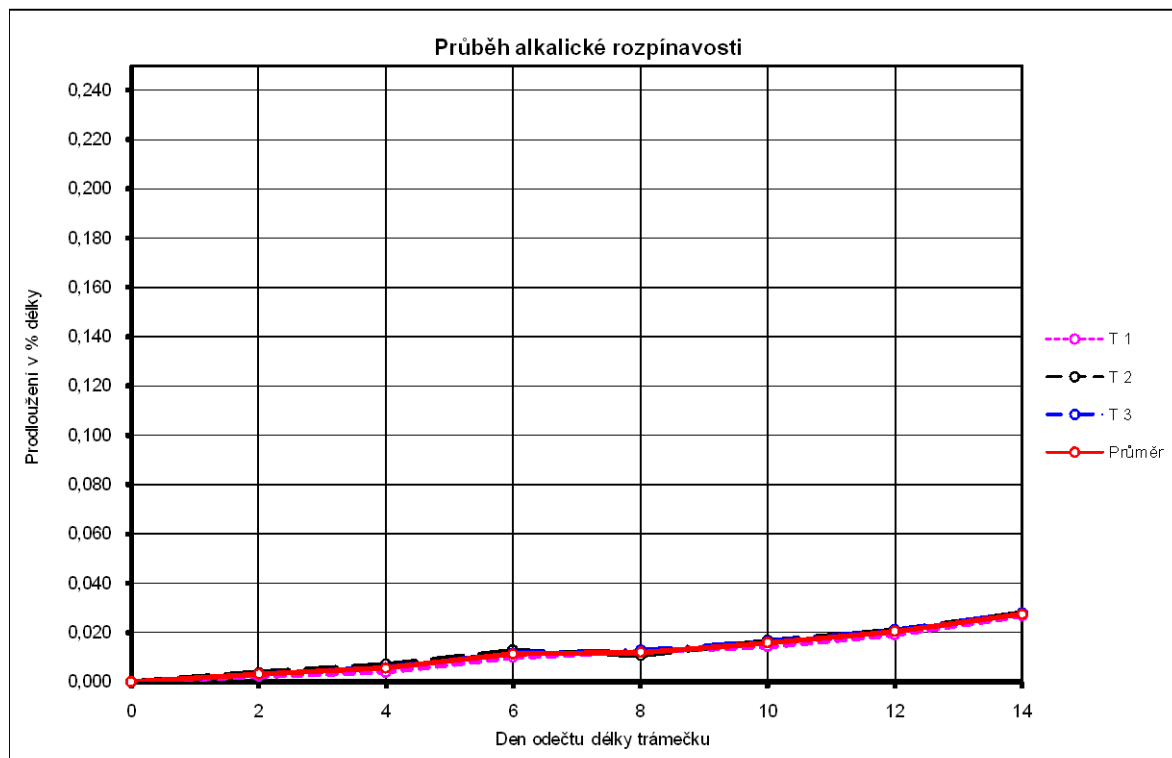
Kontrola : Soukupová

Délka kalibru : 295,481

Pracoviště HC

Datum : 21.3.2008

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|---------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|--------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometr | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | Δl_1 % | l_2 | Δl_2 | Δl_2 % | l_3 | Δl_3 | Δl_3 % | Δl % | |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % | |
| 0 | 7.3 | 20 | 50 | -176 | 0 | 0,000 | 896 | 0 | 0,000 | 99 | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| 2 | 9.3 | 20 | 50 | -170 | 6 | 0,002 | 906 | 10 | 0,004 | 107 | 8 | 0,003 | 0,003 | |
| 4 | 11.3 | 20 | 50 | -166 | 10 | 0,004 | 914 | 18 | 0,007 | 114 | 15 | 0,006 | 0,006 | |
| 6 | 13.3 | 20 | 50 | -151 | 25 | 0,010 | 928 | 32 | 0,013 | 128 | 29 | 0,012 | 0,011 | |
| 8 | 15.3 | 20 | 50 | -145 | 31 | 0,012 | 923 | 27 | 0,011 | 131 | 32 | 0,013 | 0,012 | |
| 10 | 17.3 | 20 | 50 | -140 | 36 | 0,014 | 938 | 42 | 0,017 | 140 | 41 | 0,016 | 0,016 | |
| 12 | 19.3 | 20 | 50 | -128 | 48 | 0,019 | 949 | 53 | 0,021 | 152 | 53 | 0,021 | 0,021 | |
| 14 | 21.3 | 20 | 50 | -109 | 67 | 0,027 | 966 | 70 | 0,028 | 169 | 70 | 0,028 | 0,028 | |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,028**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Vzorek číslo

Datum zahájení : 10.3.2008

Lokalita : TĚŠKOV

Provedl Soukup

Datum ukončení : 26.3.2008

Homina :

Číslo skříňky 25

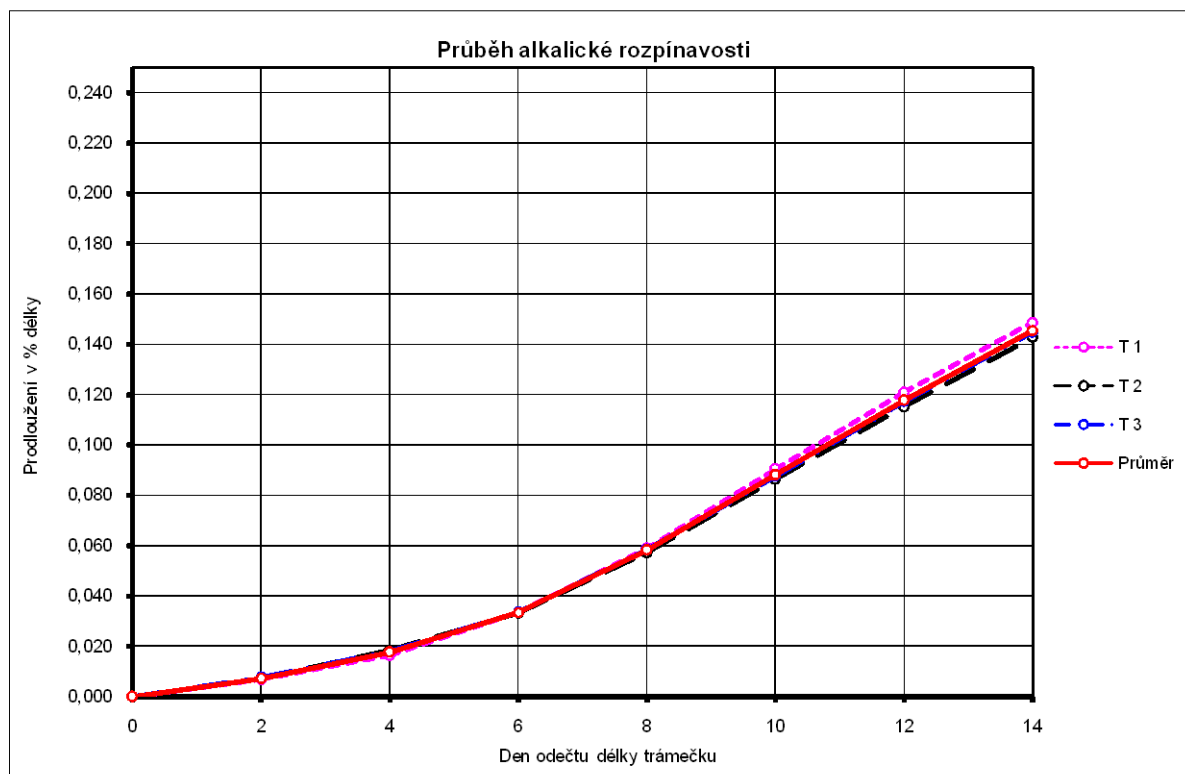
Kontrola : Soukupová

Délka kalibru : 295,481

Pracoviště HC

Datum : 26.3.2008

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|---------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometr | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | I ₁ | ΔI ₁ | ΔI ₁ % | I ₂ | ΔI ₂ | ΔI ₂ % | I ₃ | ΔI ₃ | ΔI ₃ % | ΔI % |
| den | dne | °C | % | μ m | μ m | % | μ m | μ m | % | μ m | μ m | % | % |
| 0 | 12.3 | 20 | 50 | 73 | 0 | 0,000 | -296 | 0 | 0,000 | 498 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 14.3 | 20 | 50 | 90 | 17 | 0,007 | -278 | 18 | 0,007 | 517 | 19 | 0,008 | 0,007 |
| 4 | 16.3 | 20 | 60 | 114 | 41 | 0,016 | -250 | 46 | 0,018 | 543 | 45 | 0,018 | 0,018 |
| 6 | 18.3 | 20 | 50 | 157 | 84 | 0,034 | -213 | 83 | 0,033 | 582 | 84 | 0,034 | 0,033 |
| 8 | 20.3 | 20 | 50 | 220 | 147 | 0,059 | -153 | 143 | 0,057 | 644 | 146 | 0,058 | 0,058 |
| 10 | 22.3 | 21 | 60 | 299 | 226 | 0,090 | -80 | 216 | 0,086 | 717 | 219 | 0,088 | 0,088 |
| 12 | 24.3 | 20 | 50 | 375 | 302 | 0,121 | -8 | 288 | 0,115 | 791 | 293 | 0,117 | 0,118 |
| 14 | 26.3 | 20 | 50 | 445 | 372 | 0,149 | 61 | 357 | 0,143 | 860 | 362 | 0,145 | 0,145 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,145**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

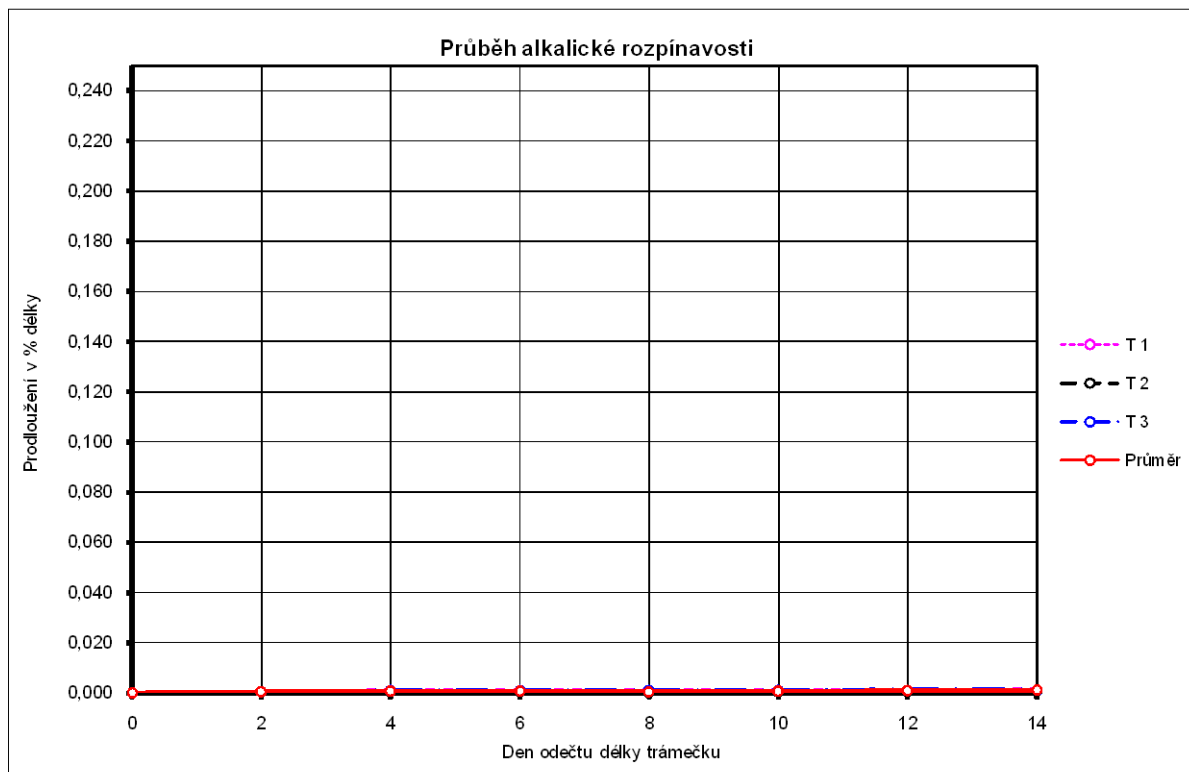
Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :
 Lokalita : **ČENKOV**
 Homina : **Spillit**
 Délka kalibru : **295,481**

Vzorek číslo
 Provedl **Soukup**
 Číslo skříňky **25**
 Pracoviště **HC**

Datum zahájení : **10.3.2008**
 Datum ukončení : **26.3.2008**
 Kontrola : **Soukupová**
 Datum : **26.3.2008**

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|---------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometr | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ | |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % | |
| 0 | 12.3 | 20 | 50 | 512 | 0 | 0,000 | 85 | 0 | 0,000 | 370 | 0 | 0,000 | 0,000 | |
| 2 | 14.3 | 20 | 50 | 513 | 1 | 0,000 | 86 | 1 | 0,000 | 371 | 1 | 0,000 | 0,000 | |
| 4 | 16.3 | 20 | 60 | 514 | 2 | 0,001 | 86 | 1 | 0,000 | 372 | 2 | 0,001 | 0,001 | |
| 6 | 18.3 | 20 | 50 | 514 | 2 | 0,001 | 86 | 1 | 0,000 | 372 | 2 | 0,001 | 0,001 | |
| 8 | 20.3 | 20 | 50 | 514 | 2 | 0,001 | 85 | 0 | 0,000 | 372 | 2 | 0,001 | 0,001 | |
| 10 | 22.3 | 21 | 60 | 514 | 2 | 0,001 | 86 | 1 | 0,000 | 372 | 2 | 0,001 | 0,001 | |
| 12 | 24.3 | 20 | 50 | 514 | 2 | 0,001 | 86 | 1 | 0,000 | 373 | 3 | 0,001 | 0,001 | |
| 14 | 26.3 | 20 | 50 | 515 | 3 | 0,001 | 87 | 2 | 0,001 | 373 | 3 | 0,001 | 0,001 | |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,001**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Lokalita : **CHRTNÍKY**

Hornina :

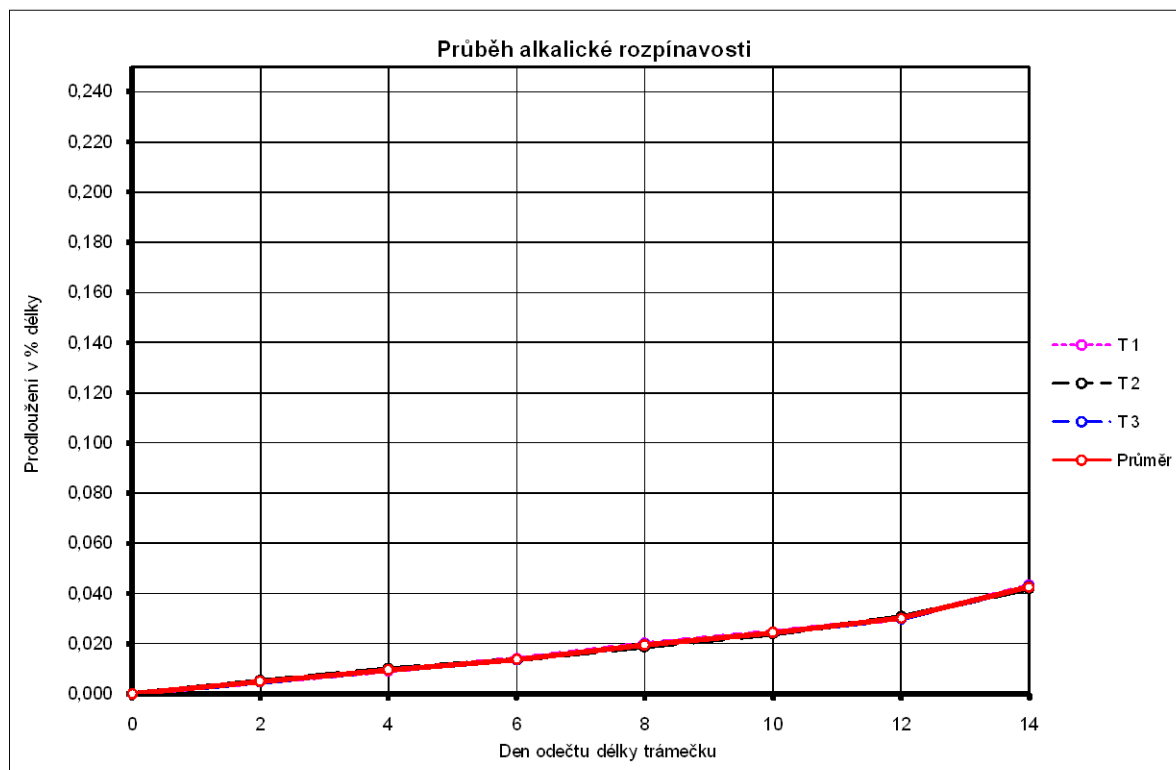
Délka kalibru : **295,481**

Vzorek číslo

Provedl **Soukup**Číslo skříňky **4**Pracoviště **HC**Datum zahájení : **5.3.2008**Datum ukončení : **21.3.2008**Kontrola : **Soukupová**Datum : **21.3.2008**

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|---------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometr | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 7.3 | 20 | 50 | 808 | 0 | 0,000 | -888 | 0 | 0,000 | 302 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 9.3 | 20 | 50 | 820 | 12 | 0,005 | -875 | 13 | 0,005 | 314 | 12 | 0,005 | 0,005 |
| 4 | 11.3 | 20 | 50 | 831 | 23 | 0,009 | -863 | 25 | 0,010 | 326 | 24 | 0,010 | 0,010 |
| 6 | 13.3 | 20 | 50 | 843 | 35 | 0,014 | -854 | 34 | 0,014 | 336 | 34 | 0,014 | 0,014 |
| 8 | 15.3 | 20 | 50 | 858 | 50 | 0,020 | -841 | 47 | 0,019 | 351 | 49 | 0,020 | 0,019 |
| 10 | 17.3 | 20 | 50 | 870 | 62 | 0,025 | -828 | 60 | 0,024 | 363 | 61 | 0,024 | 0,024 |
| 12 | 19.3 | 20 | 50 | 883 | 75 | 0,030 | -811 | 77 | 0,031 | 377 | 75 | 0,030 | 0,030 |
| 14 | 21.3 | 20 | 50 | 916 | 108 | 0,043 | -783 | 105 | 0,042 | 409 | 107 | 0,043 | 0,043 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,043

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

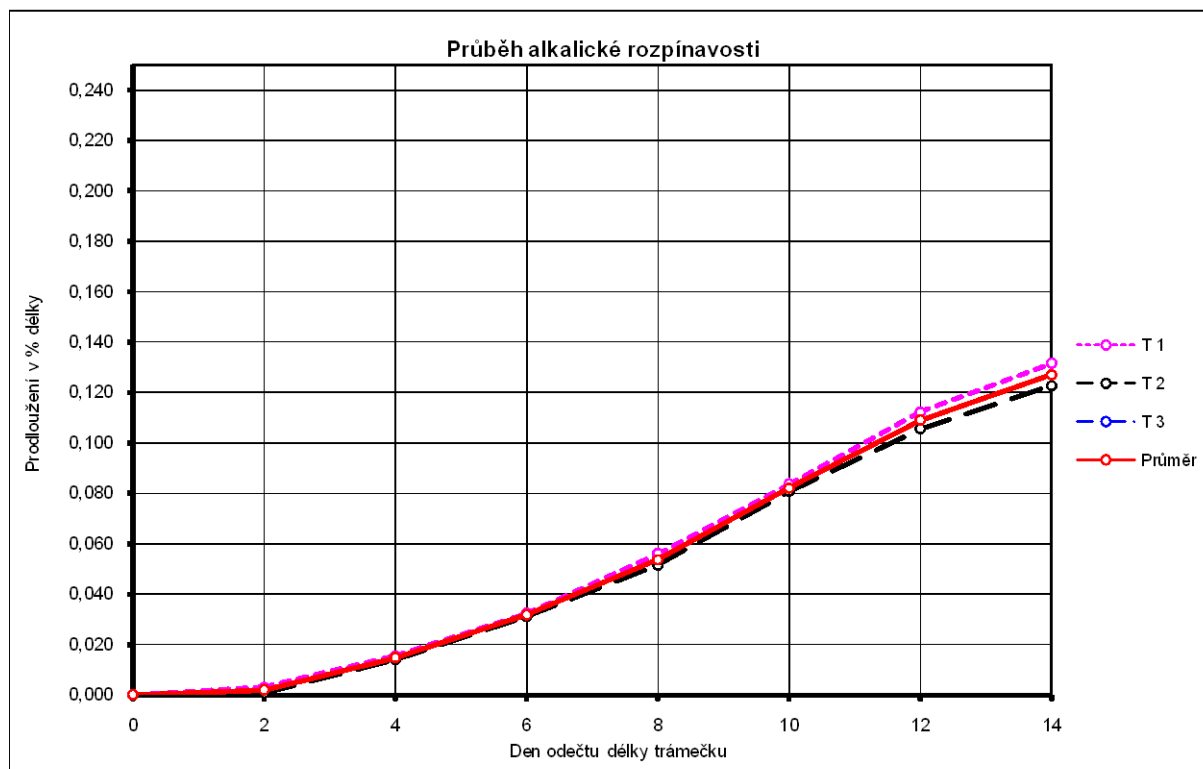
Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : **K/09**
 Provozovna : **ROŽMITÁL**
 Homina :

Vzorek číslo :
 Provedl : **Soukup**
 Číslo skřínky : **32**
 Pracoviště : **HC**

Datum zahájení : **2.2.2009**
 Datum ukončení : **18.2.2009**
 Kontrola : **Soukupová**
 Datum : **18.2.2009**

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 4.2 | 20 | 50 | 741 | 0 | 0,000 | 796 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 6.2 | 20 | 50 | 749 | 8 | 0,003 | 798 | 2 | 0,001 | | | | 0,002 |
| 4 | 8.2 | 20 | 60 | 780 | 39 | 0,016 | 831 | 35 | 0,014 | | | | 0,015 |
| 6 | 10.2 | 20 | 50 | 822 | 81 | 0,032 | 874 | 78 | 0,031 | | | | 0,032 |
| 8 | 12.2 | 20 | 50 | 881 | 140 | 0,056 | 925 | 129 | 0,052 | | | | 0,054 |
| 10 | 14.2 | 20 | 60 | 950 | 209 | 0,084 | 998 | 202 | 0,081 | | | | 0,082 |
| 12 | 16.2 | 20 | 50 | 1022 | 281 | 0,112 | 1060 | 264 | 0,106 | | | | 0,109 |
| 14 | 18.2 | 20 | 50 | 1070 | 329 | 0,132 | 1103 | 307 | 0,123 | | | | 0,127 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,127**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

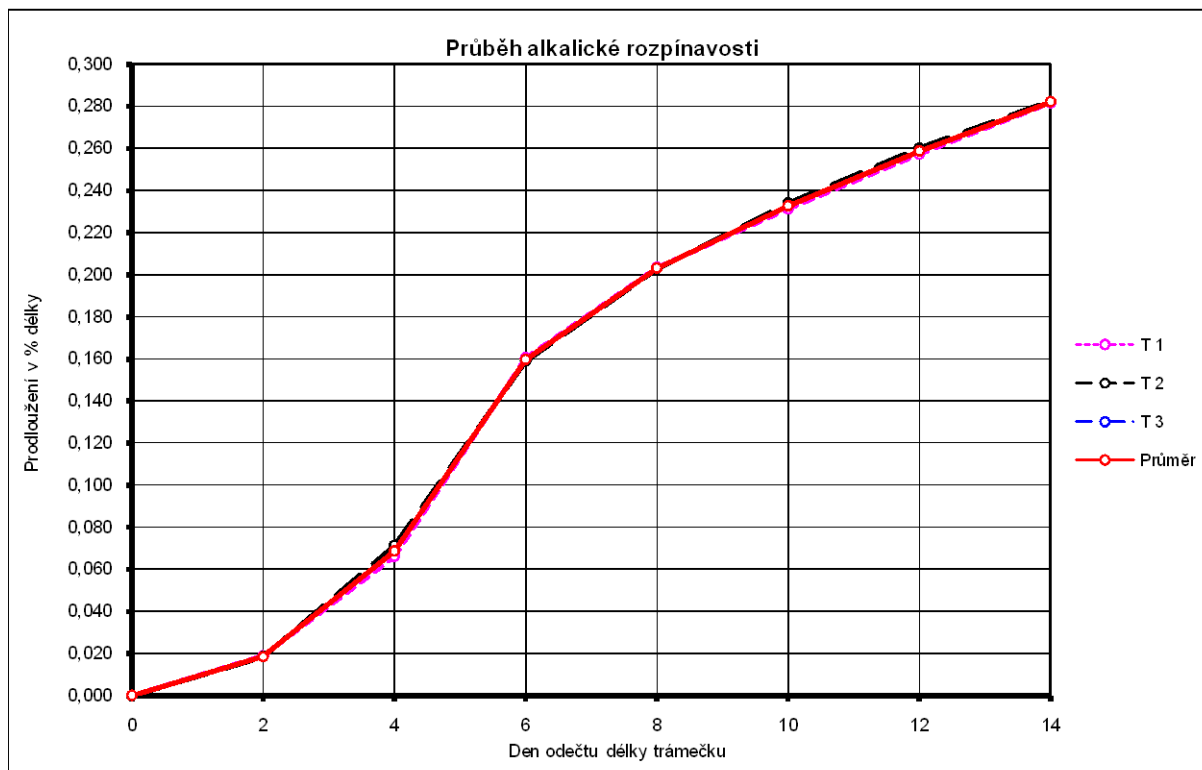
Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : **K/09**
 Provozovna : **ZBRASLAV**
 Homina :

Vzorek číslo :
 Provedl : **Soukup**
 Číslo skříňky : **1**
 Pracoviště : **HC**

Datum zahájení : **16.2.2009**
 Datum ukončení : **4.3.2009**
 Kontrola : **Soukupová**
 Datum : **4.3.2009**

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 18.2 | 20 | 50 | 542 | 0 | 0,000 | 585 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 20.2 | 20 | 50 | 589 | 47 | 0,019 | 631 | 46 | 0,018 | | | | 0,019 |
| 4 | 22.2 | 22 | 60 | 707 | 165 | 0,066 | 763 | 178 | 0,071 | | | | 0,069 |
| 6 | 24.2 | 20 | 50 | 943 | 401 | 0,160 | 982 | 397 | 0,159 | | | | 0,160 |
| 8 | 26.2 | 20 | 50 | 1050 | 508 | 0,203 | 1092 | 507 | 0,203 | | | | 0,203 |
| 10 | 28.2 | 22 | 60 | 1120 | 578 | 0,231 | 1170 | 585 | 0,234 | | | | 0,233 |
| 12 | 2.3 | 20 | 50 | 1185 | 643 | 0,257 | 1235 | 650 | 0,260 | | | | 0,259 |
| 14 | 4.3 | 20 | 50 | 1246 | 704 | 0,282 | 1291 | 706 | 0,282 | | | | 0,282 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,282**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : K/09

Vzorek číslo :

Datum zahájení : 3.2.2009

Provozovna : SÝKOŘICE

Provedl Soukup

Datum ukončení : 19.2.2009

Homina :

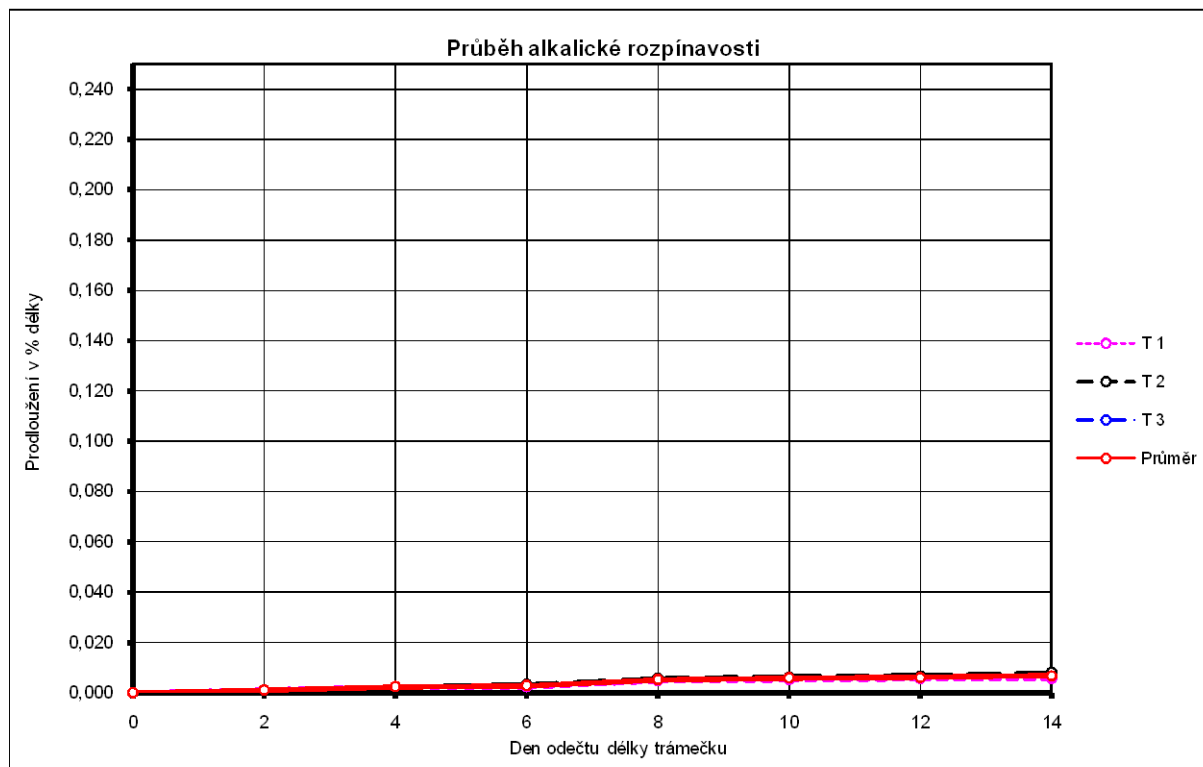
Číslo skřínky : 33

Kontrola : Soukupová

Pracoviště HC

Datum : 19.2.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | Δl_1 % | l_2 | Δl_2 | Δl_2 % | l_3 | Δl_3 | Δl_3 % | Δl % |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 5.2 | 20 | 50 | 574 | 0 | 0,000 | 716 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 7.2 | 21 | 60 | 577 | 3 | 0,001 | 718 | 2 | 0,001 | | | | 0,001 |
| 4 | 9.2 | 20 | 50 | 580 | 6 | 0,002 | 722 | 6 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 6 | 11.2 | 20 | 50 | 580 | 6 | 0,002 | 724 | 8 | 0,003 | | | | 0,003 |
| 8 | 13.2 | 20 | 50 | 586 | 12 | 0,005 | 730 | 14 | 0,006 | | | | 0,005 |
| 10 | 15.2 | 21 | 60 | 587 | 13 | 0,005 | 732 | 16 | 0,006 | | | | 0,006 |
| 12 | 17.2 | 20 | 50 | 588 | 14 | 0,006 | 733 | 17 | 0,007 | | | | 0,006 |
| 14 | 19.2 | 20 | 50 | 588 | 14 | 0,006 | 736 | 20 | 0,008 | | | | 0,007 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,007**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Provozovna : Dolánky

Homina : bazalt

Vzorek číslo : CZ/27/IASR1

Provedl Soukup

Číslo skřínky : 24

Pracoviště HC

Datum zahájení : 1.3.2010

Datum ukončení : 17.3.2010

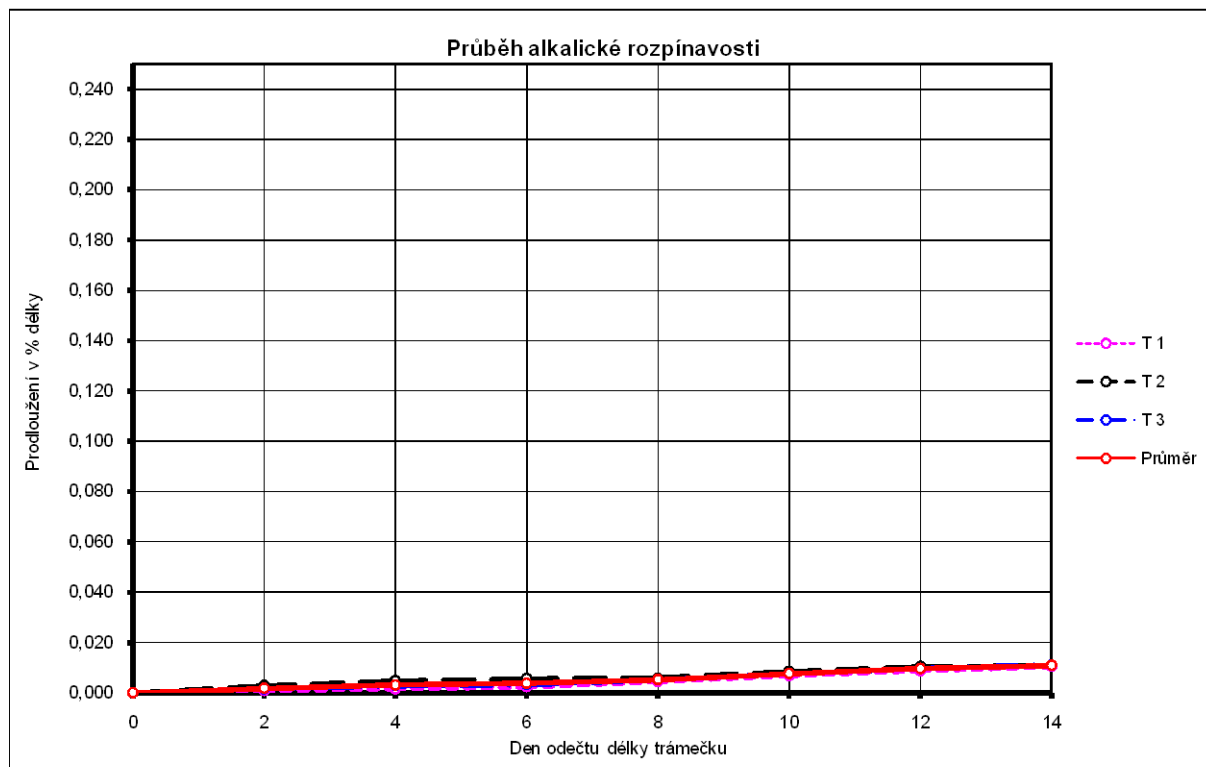
Kontrola : Soukupová

Datum : 17.3.2010

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 3.3 | 20 | 50 | 542 | 0 | 0,000 | 730 | 0 | 0,000 | 318 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 5.3 | 20 | 60 | 544 | 2 | 0,001 | 737 | 7 | 0,003 | 322 | 4 | 0,002 | 0,002 |
| 4 | 7.3 | 20 | 60 | 546 | 4 | 0,002 | 742 | 12 | 0,005 | 325 | 7 | 0,003 | 0,003 |
| 6 | 9.3 | 20 | 50 | 548 | 6 | 0,002 | 744 | 14 | 0,006 | 326 | 8 | 0,003 | 0,004 |
| 8 | 11.3 | 20 | 60 | 553 | 11 | 0,004 | 745 | 15 | 0,006 | 331 | 13 | 0,005 | 0,005 |
| 10 | 13.3 | 20 | 50 | 559 | 17 | 0,007 | 751 | 21 | 0,008 | 337 | 19 | 0,008 | 0,008 |
| 12 | 15.3 | 20 | 50 | 564 | 22 | 0,009 | 756 | 26 | 0,010 | 342 | 24 | 0,010 | 0,010 |
| 14 | 17.3 | 20 | 50 | 568 | 26 | 0,010 | 757 | 27 | 0,011 | 346 | 28 | 0,011 | 0,011 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,011



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : K09

Provozovna : DOBKOVÍČKY

Homina : Čedič

Vzorek číslo :

Provedl : Soukup

Číslo skříňky : 1

Pracoviště : HC

Datum zahájení : 16.2.2009

Datum ukončení : 4.3.2009

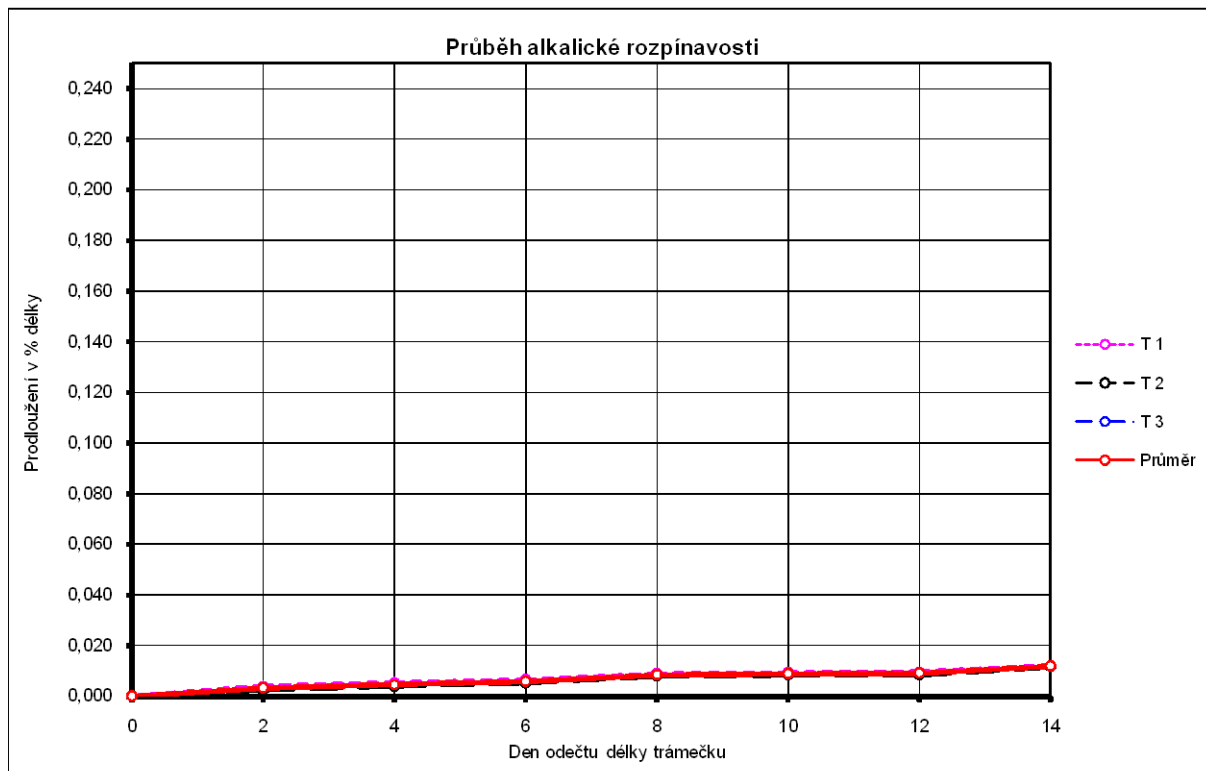
Kontrola : Soukupová

Datum : 4.3.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 18.2 | 20 | 50 | 790 | 0 | 0,000 | 869 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 20.2 | 20 | 50 | 800 | 10 | 0,004 | 875 | 6 | 0,002 | | | | 0,003 |
| 4 | 22.2 | 22 | 60 | 803 | 13 | 0,005 | 879 | 10 | 0,004 | | | | 0,005 |
| 6 | 24.2 | 20 | 50 | 806 | 16 | 0,006 | 882 | 13 | 0,005 | | | | 0,006 |
| 8 | 26.2 | 20 | 50 | 812 | 22 | 0,009 | 889 | 20 | 0,008 | | | | 0,008 |
| 10 | 28.2 | 22 | 60 | 813 | 23 | 0,009 | 890 | 21 | 0,008 | | | | 0,009 |
| 12 | 2.3 | 20 | 50 | 814 | 24 | 0,010 | 890 | 21 | 0,008 | | | | 0,009 |
| 14 | 4.3 | 20 | 50 | 820 | 30 | 0,012 | 898 | 29 | 0,012 | | | | 0,012 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,012



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : K/09

Provozovna : LIBOCHOVANY

Homina :

Vzorek číslo :

Provedl : Soukup

Číslo skřínky : 32

Pracoviště : HC

Datum zahájení : 2.2.2009

Datum ukončení : 18.2.2009

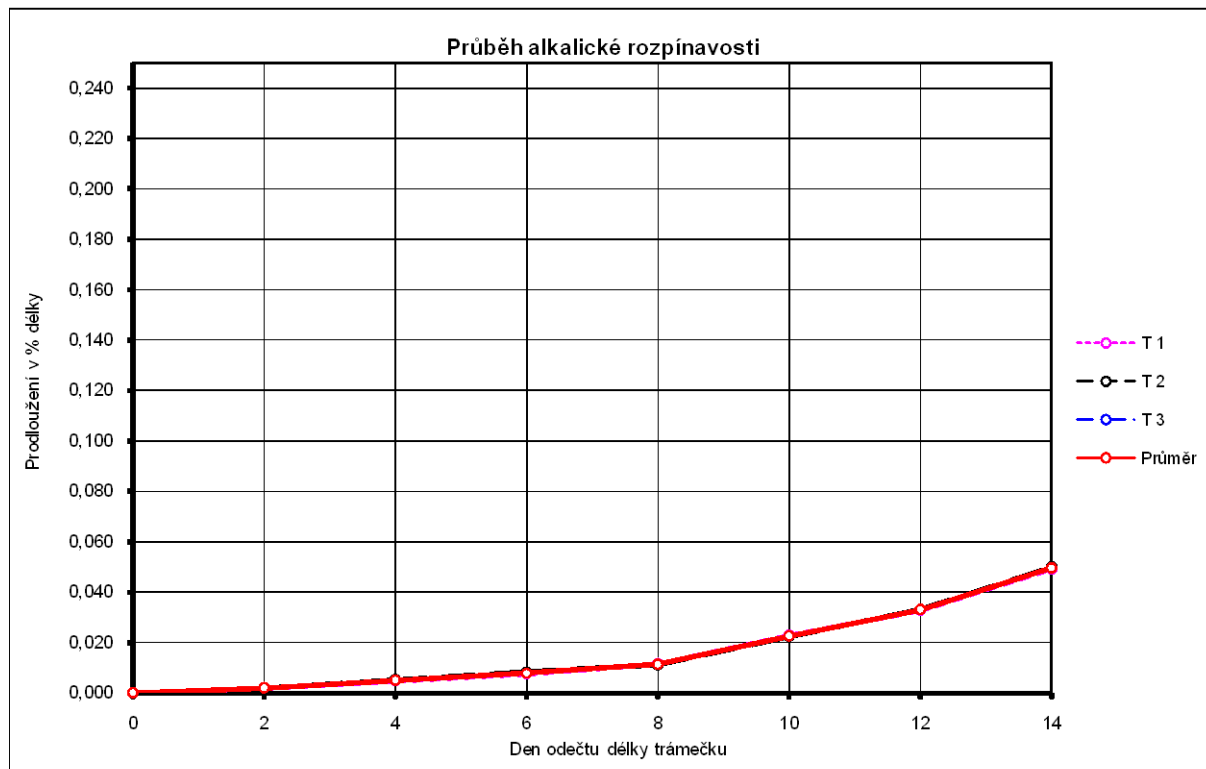
Kontrola : Soukupová

Datum : 18.2.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 4.2 | 20 | 50 | 749 | 0 | 0,000 | 662 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 6.2 | 20 | 50 | 754 | 5 | 0,002 | 667 | 5 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 4 | 8.2 | 20 | 60 | 761 | 12 | 0,005 | 675 | 13 | 0,005 | | | | 0,005 |
| 6 | 10.2 | 20 | 50 | 768 | 19 | 0,008 | 683 | 21 | 0,008 | | | | 0,008 |
| 8 | 12.2 | 20 | 50 | 778 | 29 | 0,012 | 690 | 28 | 0,011 | | | | 0,011 |
| 10 | 14.2 | 20 | 60 | 806 | 57 | 0,023 | 718 | 56 | 0,022 | | | | 0,023 |
| 12 | 16.2 | 20 | 50 | 831 | 82 | 0,033 | 745 | 83 | 0,033 | | | | 0,033 |
| 14 | 18.2 | 20 | 50 | 872 | 123 | 0,049 | 787 | 125 | 0,050 | | | | 0,050 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,050



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Vzorek číslo : CZ/30/ASR1

Datum zahájení : 1.3.2010

Provozovna : Královec

Provedl : Soukup

Datum ukončení : 17.3.2010

Homina : porfyr

Číslo skřínky : 24

Kontrola : Soukupová

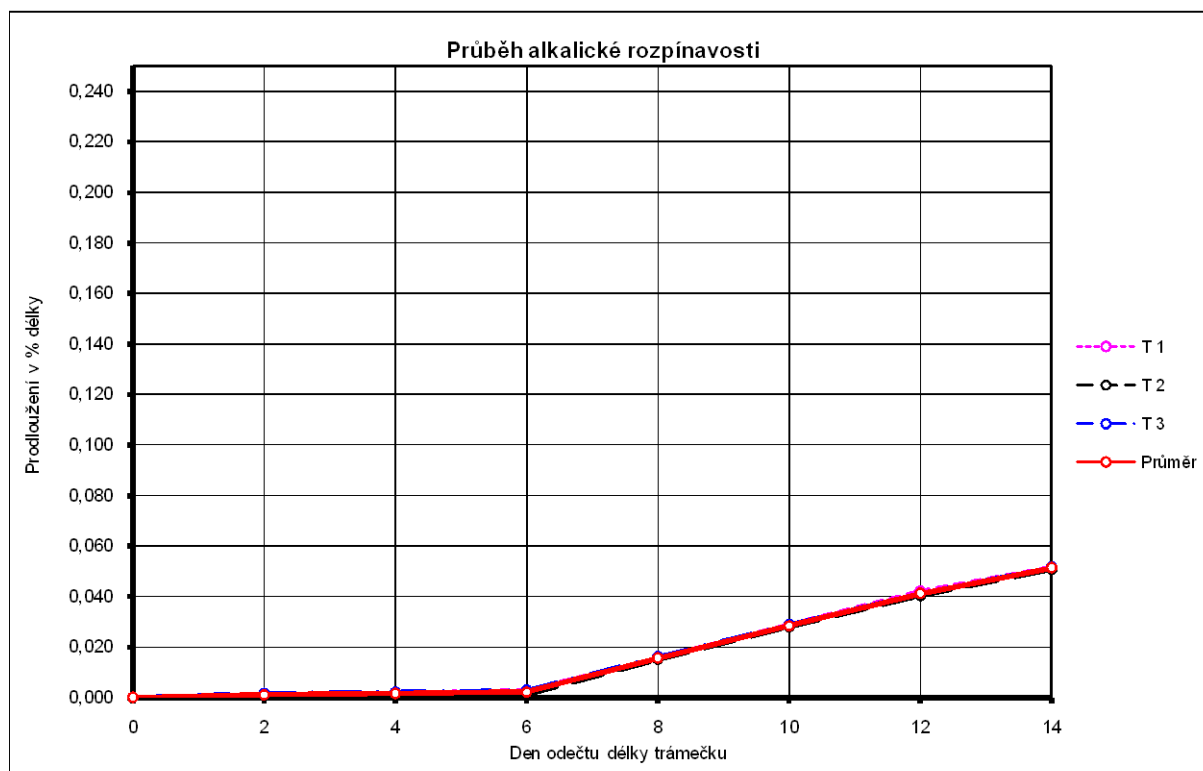
Pracoviště : HC

Datum : 17.3.2010

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 3.3 | 20 | 50 | -127 | 0 | 0,000 | 790 | 0 | 0,000 | 566 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 5.3 | 20 | 60 | -124 | 3 | 0,001 | 792 | 2 | 0,001 | 570 | 4 | 0,002 | 0,001 |
| 4 | 7.3 | 20 | 60 | -123 | 4 | 0,002 | 793 | 3 | 0,001 | 571 | 5 | 0,002 | 0,002 |
| 6 | 9.3 | 20 | 50 | -120 | 7 | 0,003 | 793 | 3 | 0,001 | 573 | 7 | 0,003 | 0,002 |
| 8 | 11.3 | 20 | 60 | -88 | 39 | 0,016 | 828 | 38 | 0,015 | 606 | 40 | 0,016 | 0,016 |
| 10 | 13.3 | 20 | 50 | -55 | 72 | 0,029 | 860 | 70 | 0,028 | 638 | 72 | 0,029 | 0,029 |
| 12 | 15.3 | 20 | 50 | -22 | 105 | 0,042 | 891 | 101 | 0,040 | 669 | 103 | 0,041 | 0,041 |
| 14 | 17.3 | 20 | 50 | 2 | 129 | 0,052 | 917 | 127 | 0,051 | 695 | 129 | 0,052 | 0,051 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,051



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : K/09

Provozovna : VŠECHLAPY

Homina :

Vzorek číslo :

Provedl Soukup

Číslo skřínky : 22

Pracoviště HC

Datum zahájení : 11.2.2009

Datum ukončení : 27.2.2009

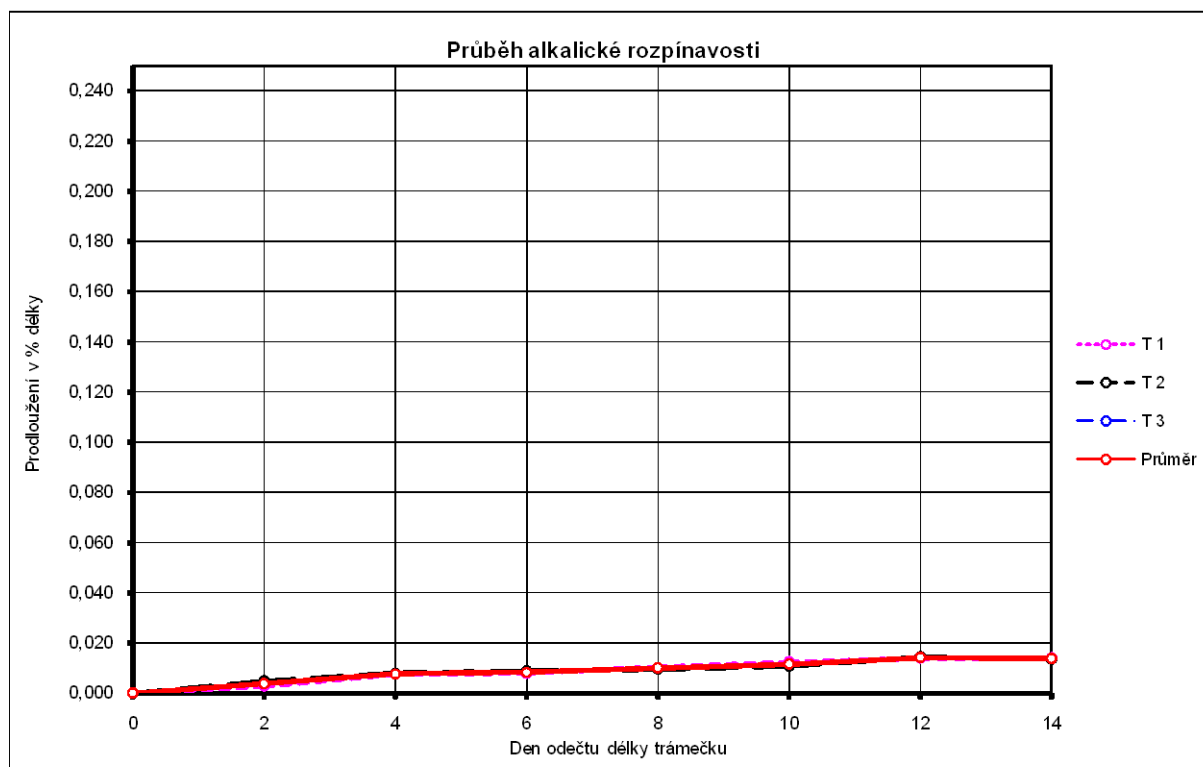
Kontrola : Soukupová

Datum : 27.2.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 13.2 | 20 | 50 | 664 | 0 | 0,000 | 613 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 15.2 | 20 | 60 | 671 | 7 | 0,003 | 625 | 12 | 0,005 | | | | 0,004 |
| 4 | 17.2 | 20 | 50 | 683 | 19 | 0,008 | 633 | 20 | 0,008 | | | | 0,008 |
| 6 | 19.2 | 20 | 60 | 684 | 20 | 0,008 | 635 | 22 | 0,009 | | | | 0,008 |
| 8 | 21.2 | 20 | 50 | 690 | 26 | 0,010 | 637 | 24 | 0,010 | | | | 0,010 |
| 10 | 23.2 | 20 | 50 | 695 | 31 | 0,012 | 640 | 27 | 0,011 | | | | 0,012 |
| 12 | 25.2 | 20 | 50 | 699 | 35 | 0,014 | 649 | 36 | 0,014 | | | | 0,014 |
| 14 | 27.2 | 20 | 50 | 699 | 35 | 0,014 | 647 | 34 | 0,014 | | | | 0,014 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,014



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : K/09

Provozovna : MĚRUNICE

Homina :

Vzorek číslo :

Provedl Soukup

Číslo skříňky : 22

Pracoviště HC

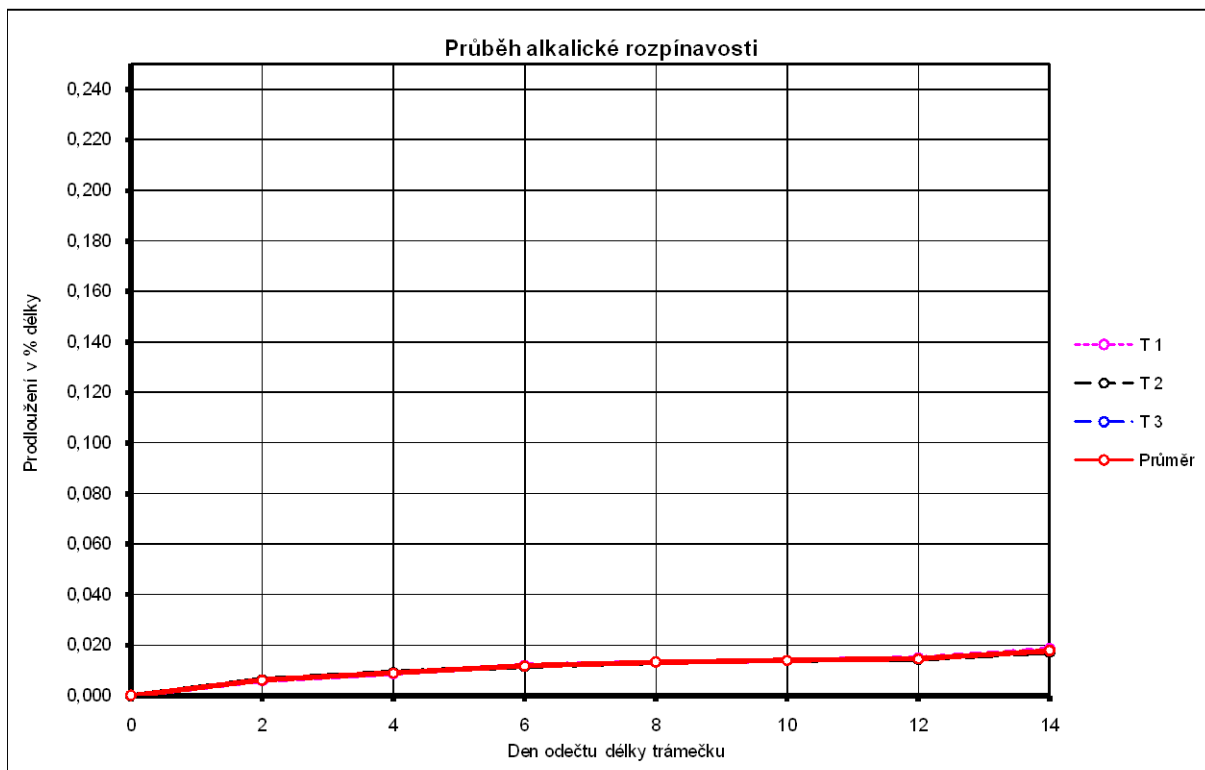
Datum zahájení : 9.2.2009

Datum ukončení : 25.2.2009

Kontrola : Soukupová

Datum : 25.2.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 11.2 | 20 | 50 | 887 | 0 | 0,000 | 866 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 13.2 | 20 | 50 | 902 | 15 | 0,006 | 882 | 16 | 0,006 | | | | 0,006 |
| 4 | 15.2 | 20 | 50 | 909 | 22 | 0,009 | 889 | 23 | 0,009 | | | | 0,009 |
| 6 | 17.2 | 20 | 50 | 917 | 30 | 0,012 | 895 | 29 | 0,012 | | | | 0,012 |
| 8 | 19.2 | 20 | 50 | 920 | 33 | 0,013 | 899 | 33 | 0,013 | | | | 0,013 |
| 10 | 21.2 | 20 | 50 | 922 | 35 | 0,014 | 901 | 35 | 0,014 | | | | 0,014 |
| 12 | 23.2 | 20 | 50 | 924 | 37 | 0,015 | 902 | 36 | 0,014 | | | | 0,015 |
| 14 | 25.2 | 20 | 50 | 933 | 46 | 0,018 | 909 | 43 | 0,017 | | | | 0,018 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,018**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : K/09

Provozovna : CHRABERCE

Homina :

Vzorek číslo :

Provedl Soukup

Číslo skřínky : 22

Pracoviště HC

Datum zahájení : 9.2.2009

Datum ukončení : 25.2.2009

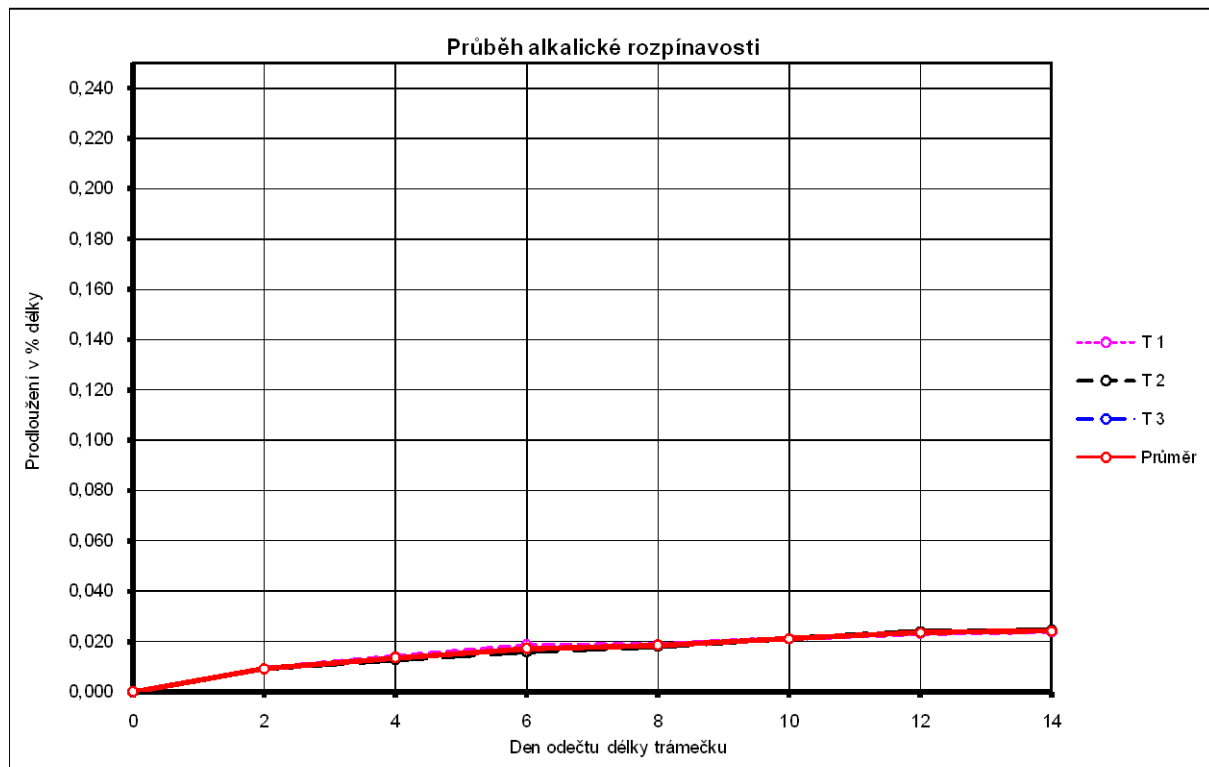
Kontrola : Soukupová

Datum : 25.2.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 11.2 | 20 | 50 | 645 | 0 | 0,000 | 790 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 13.2 | 20 | 50 | 668 | 23 | 0,009 | 813 | 23 | 0,009 | | | | 0,009 |
| 4 | 15.2 | 20 | 50 | 680 | 35 | 0,014 | 822 | 32 | 0,013 | | | | 0,013 |
| 6 | 17.2 | 20 | 50 | 691 | 46 | 0,018 | 830 | 40 | 0,016 | | | | 0,017 |
| 8 | 19.2 | 20 | 50 | 692 | 47 | 0,019 | 835 | 45 | 0,018 | | | | 0,018 |
| 10 | 21.2 | 20 | 50 | 698 | 53 | 0,021 | 843 | 53 | 0,021 | | | | 0,021 |
| 12 | 23.2 | 20 | 50 | 703 | 58 | 0,023 | 850 | 60 | 0,024 | | | | 0,024 |
| 14 | 25.2 | 20 | 50 | 705 | 60 | 0,024 | 851 | 61 | 0,024 | | | | 0,024 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,024



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

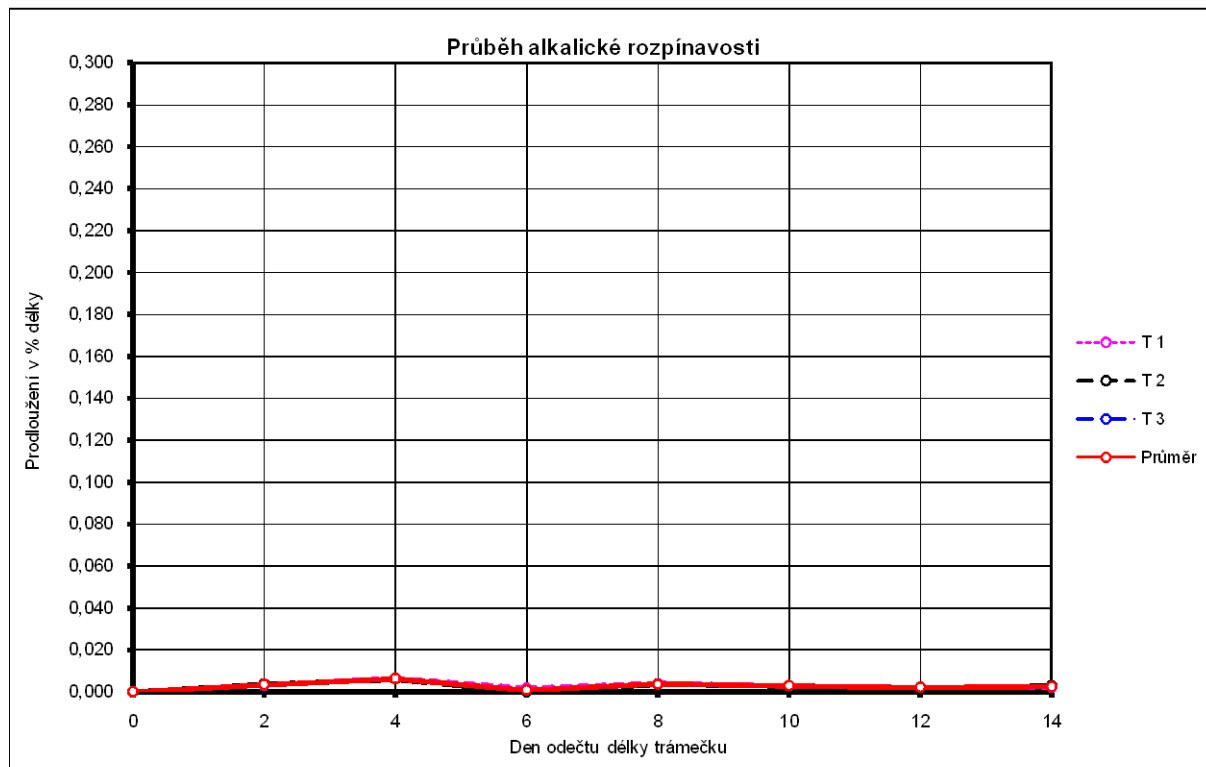
Zakázka číslo : **K/09**
 Provozovna : **SMRČI**
 Homina : **Čedič**

Vzorek číslo :
 Provedl : **Soukup**
 Číslo skříňky : **1**
 Pracoviště : **HC**

Datum zahájení : **16.6.2009**
 Datum ukončení : **2.7.2009**
 Kontrola : **Soukupová**
 Datum : **2.7.2009**

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 18.6 | 22 | 65 | 544 | 0 | 0,000 | 583 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 20.6 | 22 | 50 | 552 | 8 | 0,003 | 592 | 9 | 0,004 | | | | 0,003 |
| 4 | 22.6 | 22 | 55 | 560 | 16 | 0,006 | 598 | 15 | 0,006 | | | | 0,006 |
| 6 | 24.6 | 22 | 70 | 548 | 4 | 0,002 | 583 | 0 | 0,000 | | | | 0,001 |
| 8 | 26.6 | 22 | 70 | 554 | 10 | 0,004 | 592 | 9 | 0,004 | | | | 0,004 |
| 10 | 28.6 | 22 | 60 | 551 | 7 | 0,003 | 590 | 7 | 0,003 | | | | 0,003 |
| 12 | 30.6 | 23 | 75 | 549 | 5 | 0,002 | 588 | 5 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 14 | 2.7 | 22 | 70 | 549 | 5 | 0,002 | 590 | 7 | 0,003 | | | | 0,002 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,002

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Vzorek číslo : CZ/35/ASR1

Datum zahájení : 11.11.2009

Provozovna : Bezděčín

Provedl : Soukup

Datum ukončení : 27.11.2009

Homina : melafyr

Číslo skříňky : 30

Kontrola : Soukupová

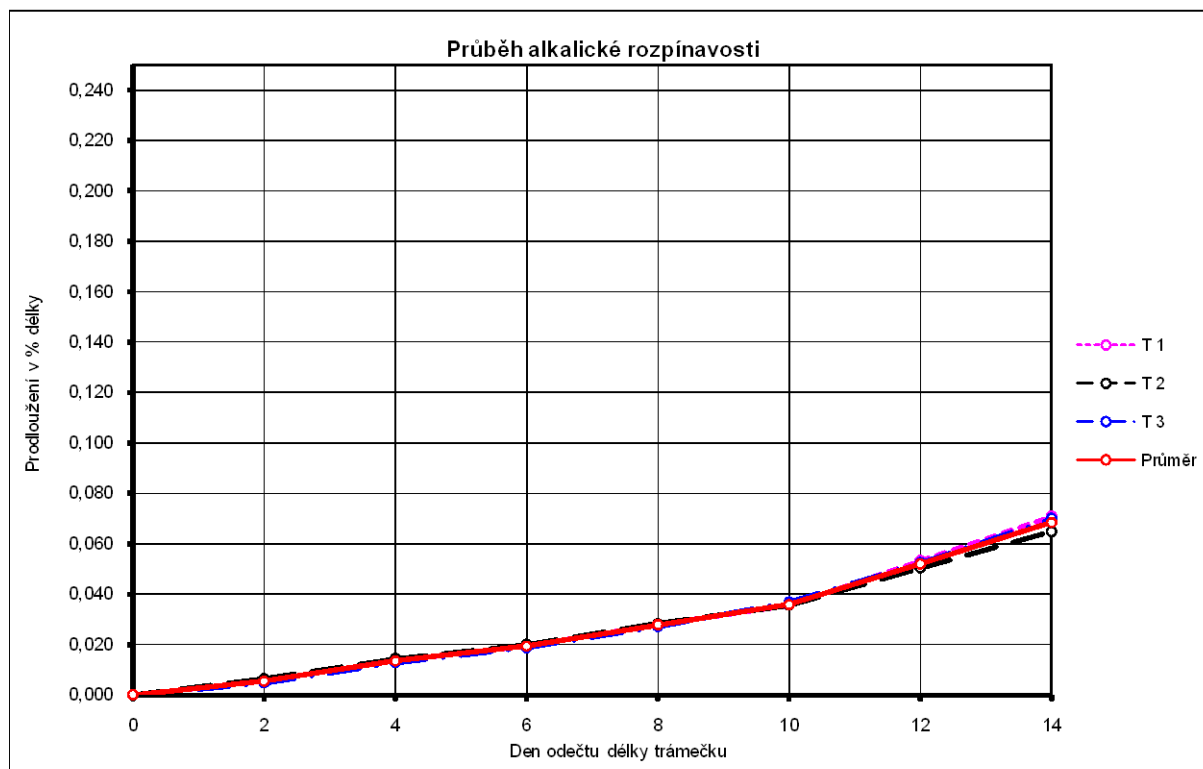
Pracoviště : HC

Datum : 27.11.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 13.11 | 20 | 50 | 663 | 0 | 0,000 | 229 | 0 | 0,000 | 443 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 15.11 | 20 | 60 | 677 | 14 | 0,006 | 245 | 16 | 0,006 | 455 | 12 | 0,005 | 0,006 |
| 4 | 17.11 | 20 | 60 | 697 | 34 | 0,014 | 265 | 36 | 0,014 | 475 | 32 | 0,013 | 0,014 |
| 6 | 19.11 | 20 | 50 | 712 | 49 | 0,020 | 279 | 50 | 0,020 | 490 | 47 | 0,019 | 0,019 |
| 8 | 21.11 | 20 | 60 | 733 | 70 | 0,028 | 300 | 71 | 0,028 | 511 | 68 | 0,027 | 0,028 |
| 10 | 23.11 | 20 | 20 | 752 | 89 | 0,036 | 318 | 89 | 0,036 | 535 | 92 | 0,037 | 0,036 |
| 12 | 25.11 | 20 | 20 | 796 | 133 | 0,053 | 355 | 126 | 0,050 | 574 | 131 | 0,052 | 0,052 |
| 14 | 27.11 | 20 | 55 | 840 | 177 | 0,071 | 391 | 162 | 0,065 | 618 | 175 | 0,070 | 0,069 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,069



STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

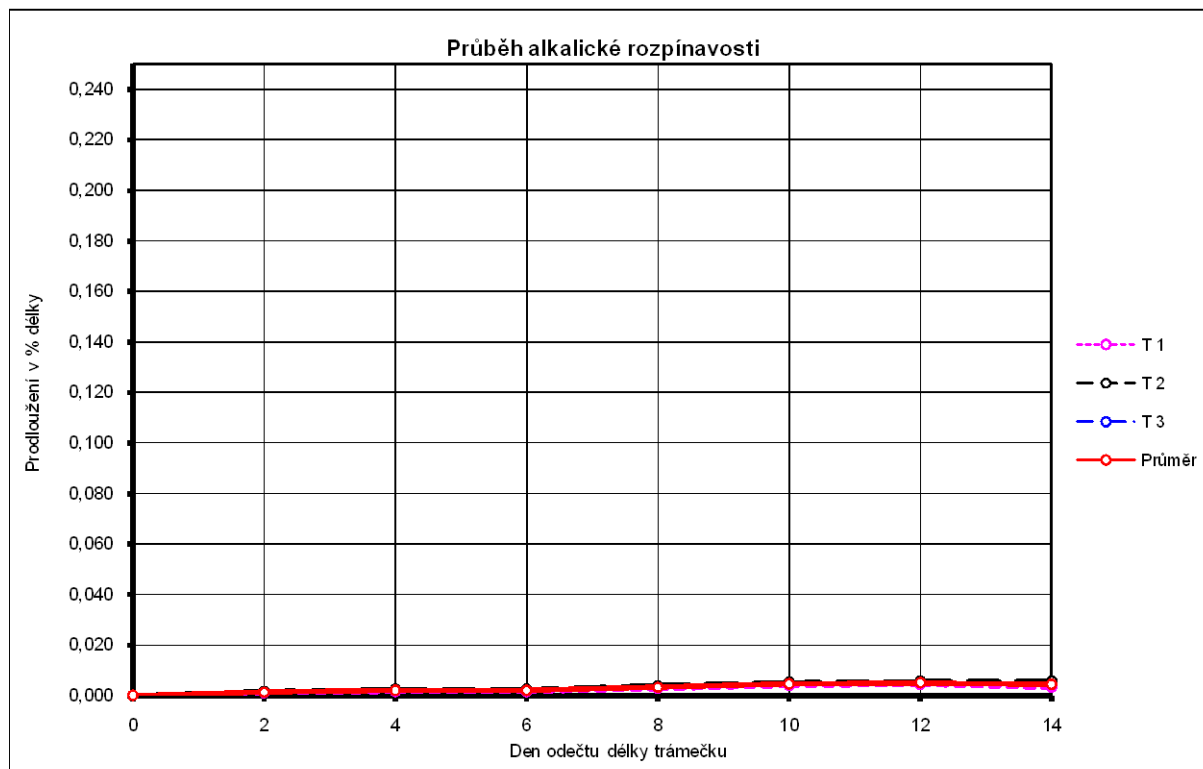
Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : **K/09**
 Provozovna : **MOKRÁ**
 Homina :

Vzorek číslo :
 Provedl : **Soukup**
 Číslo skřínky : **33**
 Pracoviště : **HC**

Datum zahájení : **4.2.2009**
 Datum ukončení : **20.2.2009**
 Kontrola : **Soukupová**
 Datum : **20.2.2009**

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | Δl_1 % | l_2 | Δl_2 | Δl_2 % | l_3 | Δl_3 | Δl_3 % | Δl % |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 6.2 | 20 | 50 | 1067 | 0 | 0,000 | 495 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 8.2 | 21 | 60 | 1070 | 3 | 0,001 | 499 | 4 | 0,002 | | | | 0,001 |
| 4 | 10.2 | 20 | 50 | 1071 | 4 | 0,002 | 501 | 6 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 6 | 12.2 | 20 | 50 | 1071 | 4 | 0,002 | 501 | 6 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 8 | 14.2 | 20 | 50 | 1074 | 7 | 0,003 | 505 | 10 | 0,004 | | | | 0,003 |
| 10 | 16.2 | 21 | 60 | 1077 | 10 | 0,004 | 508 | 13 | 0,005 | | | | 0,005 |
| 12 | 18.2 | 20 | 50 | 1078 | 11 | 0,004 | 509 | 14 | 0,006 | | | | 0,005 |
| 14 | 20.2 | 20 | 50 | 1075 | 8 | 0,003 | 509 | 14 | 0,006 | | | | 0,004 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,004**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

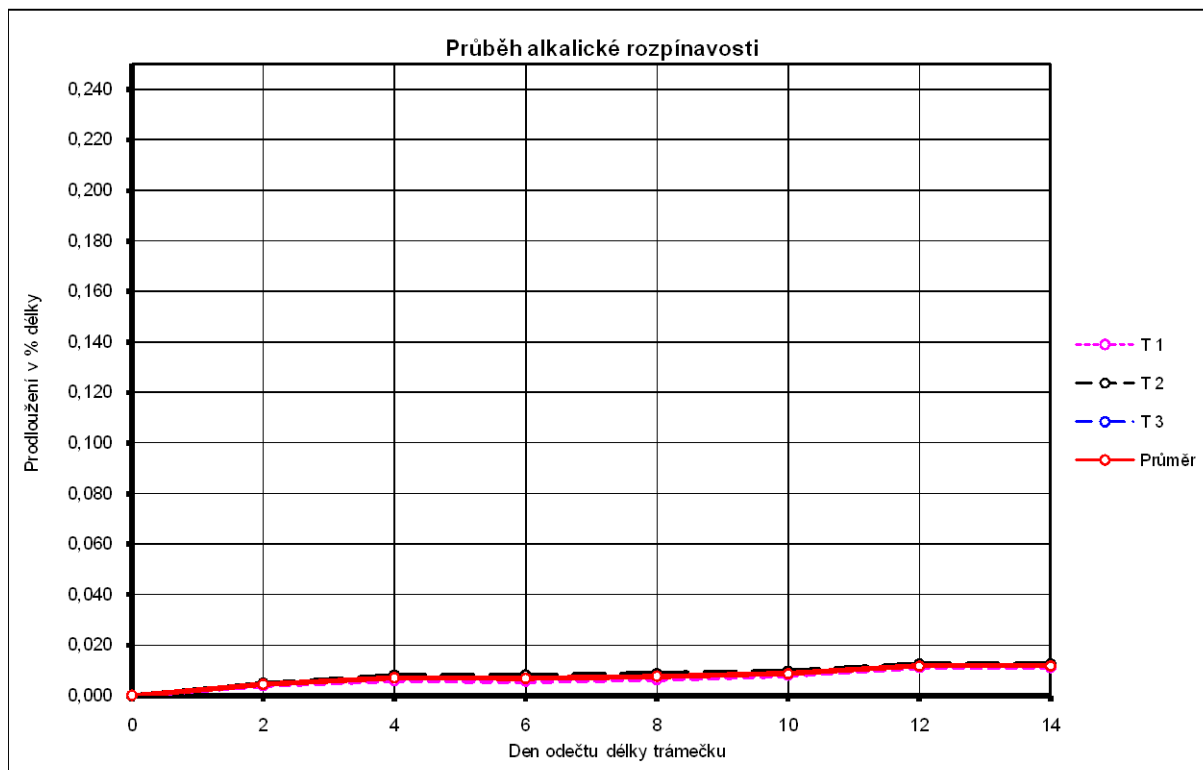
Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : **K709**
 Provozovna : **ČIHANÁ**
 Homina :

Vzorek číslo :
 Provedl : **Soukup**
 Číslo skříňky : **22**
 Pracoviště : **HC**

Datum zahájení : **11.2.2009**
 Datum ukončení : **27.2.2009**
 Kontrola : **Soukupová**
 Datum : **27.2.2009**

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|----------------|------------------|----------------------|----------------|------------------|----------------------|----------------|------------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | I ₁ | Δ ₁ | Δ ₁ % | I ₂ | Δ ₂ | Δ ₂ % | I ₃ | Δ ₃ | Δ ₃ % | ΔI % |
| den | dne | °C | % | μ m | μ m | % | μ m | μ m | % | μ m | μ m | % | % |
| 0 | 13.2 | 20 | 50 | -510 | 0 | 0,000 | 668 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 15.2 | 20 | 60 | -500 | 10 | 0,004 | 680 | 12 | 0,005 | | | | 0,004 |
| 4 | 17.2 | 20 | 50 | -495 | 15 | 0,006 | 688 | 20 | 0,008 | | | | 0,007 |
| 6 | 19.2 | 20 | 60 | -496 | 14 | 0,006 | 688 | 20 | 0,008 | | | | 0,007 |
| 8 | 21.2 | 20 | 50 | -494 | 16 | 0,006 | 690 | 22 | 0,009 | | | | 0,008 |
| 10 | 23.2 | 20 | 50 | -490 | 20 | 0,008 | 692 | 24 | 0,010 | | | | 0,009 |
| 12 | 25.2 | 20 | 50 | -482 | 28 | 0,011 | 699 | 31 | 0,012 | | | | 0,012 |
| 14 | 27.2 | 20 | 50 | -482 | 28 | 0,011 | 699 | 31 | 0,012 | | | | 0,012 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,012**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

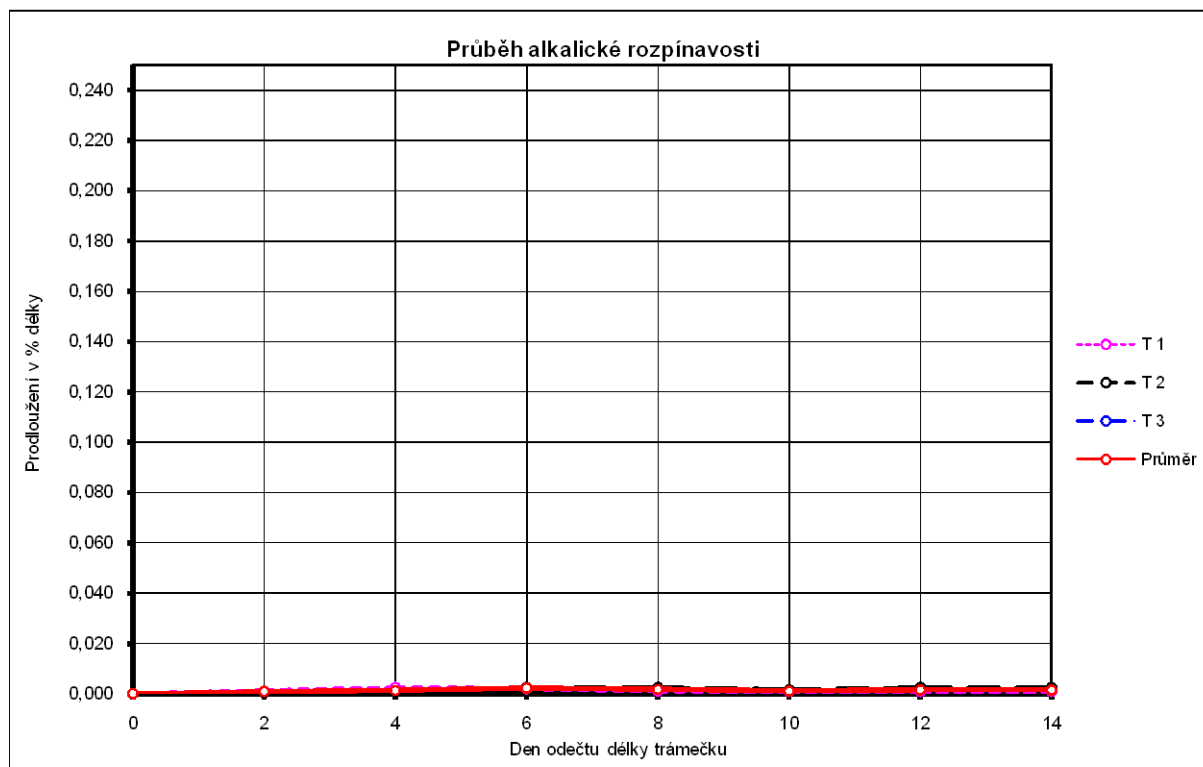
Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : **K09**
 Provozovna : **CHLUM**
 Homina :

Vzorek číslo :
 Provedl : **Soukup**
 Číslo skřínky : **33**
 Pracoviště : **HC**

Datum zahájení : **4.2.2009**
 Datum ukončení : **20.2.2009**
 Kontrola : **Soukupová**
 Datum : **20.2.2009**

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | Δl_1 % | l_2 | Δl_2 | Δl_2 % | l_3 | Δl_3 | Δl_3 % | Δl % |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 6.2 | 20 | 50 | 568 | 0 | 0,000 | 874 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 8.2 | 21 | 60 | 571 | 3 | 0,001 | 875 | 1 | 0,000 | | | | 0,001 |
| 4 | 10.2 | 20 | 50 | 574 | 6 | 0,002 | 875 | 1 | 0,000 | | | | 0,001 |
| 6 | 12.2 | 20 | 50 | 573 | 5 | 0,002 | 880 | 6 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 8 | 14.2 | 20 | 50 | 571 | 3 | 0,001 | 880 | 6 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 10 | 16.2 | 21 | 60 | 570 | 2 | 0,001 | 878 | 4 | 0,002 | | | | 0,001 |
| 12 | 18.2 | 20 | 50 | 570 | 2 | 0,001 | 880 | 6 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 14 | 20.2 | 20 | 50 | 570 | 2 | 0,001 | 880 | 6 | 0,002 | | | | 0,002 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,002**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : K/09

Vzorek číslo :

Datum zahájení : 15.6.2009

Provozovna : DĚPOLTovice

Provedl Soukup

Datum ukončení : 1.7.2009

Homina : Čedič

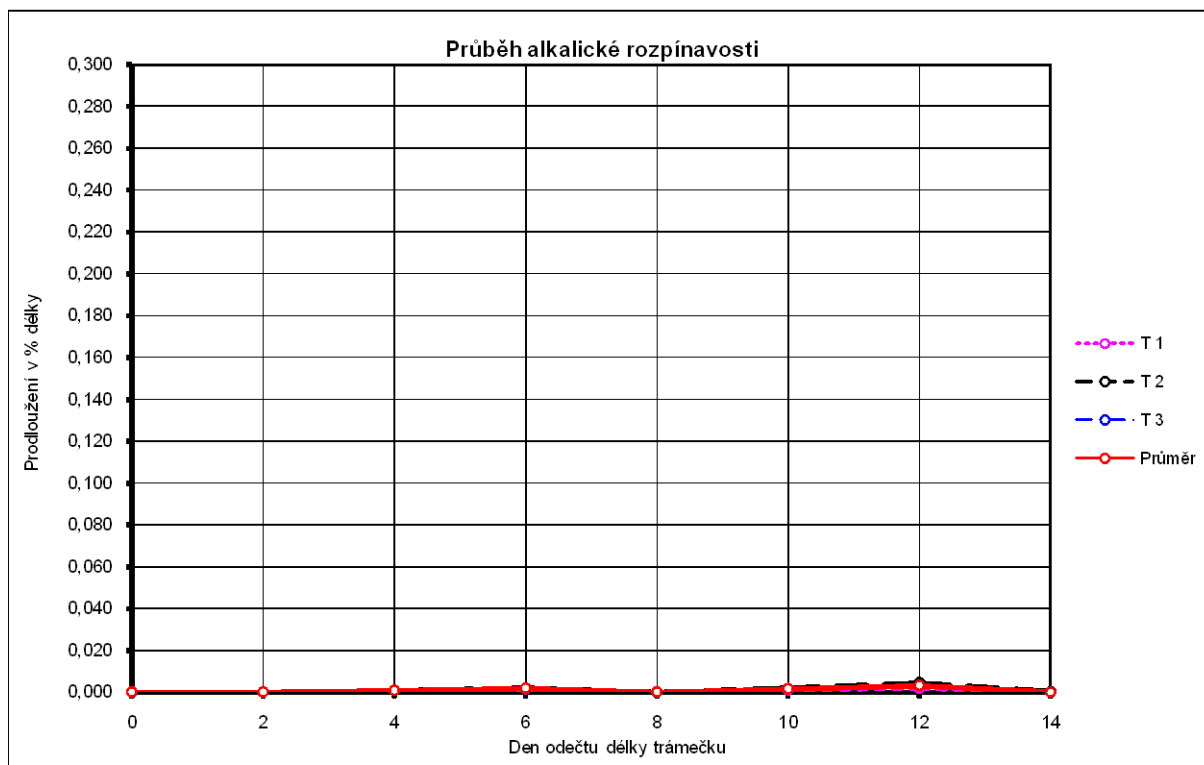
Číslo skříňky : 25

Kontrola : Soukupová

Pracoviště HC

Datum : 1.7.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 17.6 | 22 | 60 | 862 | 0 | 0,000 | 658 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 19.6 | 23 | 60 | 862 | 0 | 0,000 | 658 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 4 | 21.6 | 22 | 55 | 864 | 2 | 0,001 | 660 | 2 | 0,001 | | | | 0,001 |
| 6 | 23.6 | 22 | 60 | 866 | 4 | 0,002 | 663 | 5 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 8 | 25.6 | 22 | 70 | 862 | 0 | 0,000 | 658 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 10 | 27.6 | 22 | 60 | 865 | 3 | 0,001 | 663 | 5 | 0,002 | | | | 0,002 |
| 12 | 29.6 | 22 | 70 | 867 | 5 | 0,002 | 669 | 11 | 0,004 | | | | 0,003 |
| 14 | 1.7 | 22 | 70 | 862 | 0 | 0,000 | 659 | 1 | 0,000 | | | | 0,000 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,000**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 dle ASTM C 1260 - 94

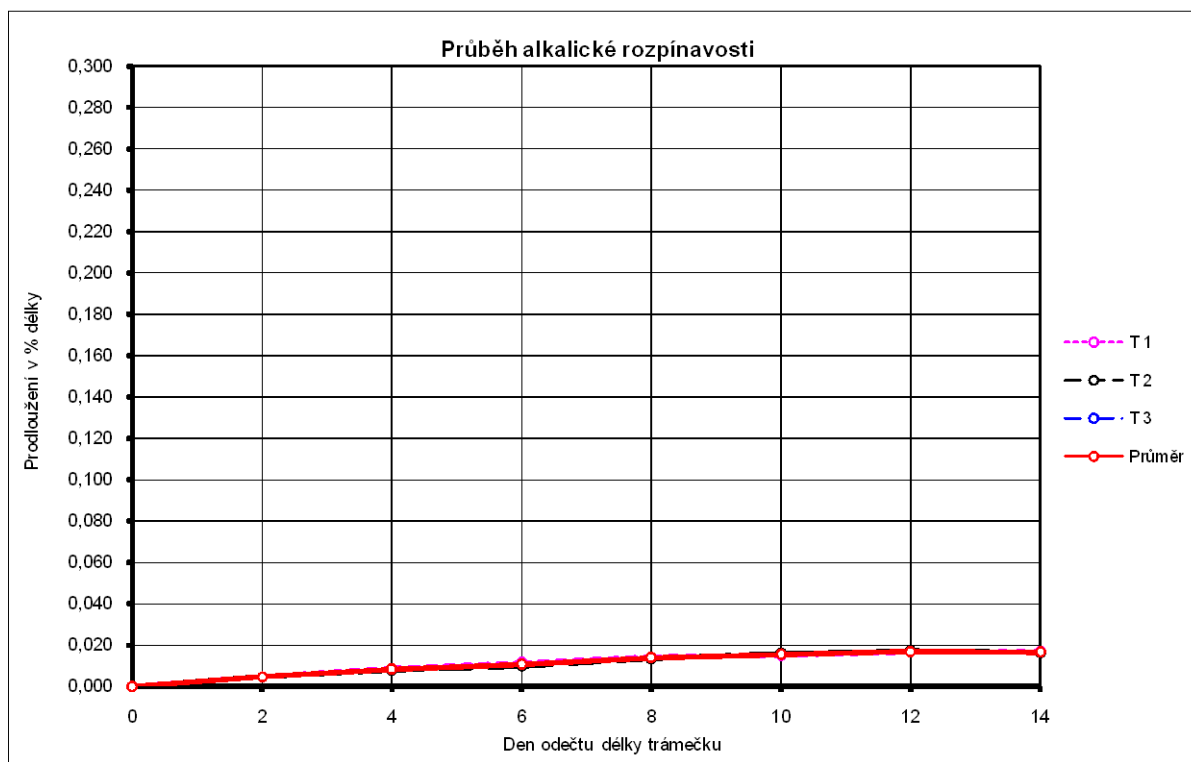
Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo : **K09**
 Provozovna : **ÚHOŠTANY**
 Hornina : **Čedlič**

Vzorek číslo
 Provedl **Soukup**
 Číslo skříňky **22**
 Pracoviště **HC**

Datum zahájení : **15.6.2009**
 Datum ukončení : **1.7.2009**
 Kontrola : **Soukupová**
 Datum : **1.7.2009**

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|---------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometr | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 17.6 | 22 | 60 | 977 | 0 | 0,000 | 1048 | 0 | 0,000 | | | | 0,000 |
| 2 | 19.6 | 23 | 60 | 989 | 12 | 0,005 | 1060 | 12 | 0,005 | | | | 0,005 |
| 4 | 21.6 | 22 | 55 | 999 | 22 | 0,009 | 1068 | 20 | 0,008 | | | | 0,008 |
| 6 | 23.6 | 22 | 60 | 1006 | 29 | 0,012 | 1073 | 25 | 0,010 | | | | 0,011 |
| 8 | 25.6 | 22 | 70 | 1013 | 36 | 0,014 | 1082 | 34 | 0,014 | | | | 0,014 |
| 10 | 27.6 | 22 | 60 | 1015 | 38 | 0,015 | 1088 | 40 | 0,016 | | | | 0,016 |
| 12 | 29.6 | 22 | 70 | 1019 | 42 | 0,017 | 1091 | 43 | 0,017 | | | | 0,017 |
| 14 | 1.7 | 22 | 70 | 1019 | 42 | 0,017 | 1089 | 41 | 0,016 | | | | 0,017 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky **0,017**

STANOVENÍ ALKALICKÉ ROZPÍNAVOSTI KAMENIVA

DILATOMETRICKÁ ZKOUŠKA ROZPÍNÁNÍ CEMENTOVÉ MALTY

TS 11 de ASTM C 1260 - 94

Sekundární zkušební záznam PC

Zakázka číslo :

Provozovna : Zahradka

Homina : spilit

Vzorek číslo : CZI44/ASR1

Provedl : Soukup

Číslo skřínky : 16

Pracoviště : HC

Datum zahájení : 11.11.2009

Datum ukončení : 27.11.2009

Kontrola : Soukupová

Datum : 27.11.2009

| Vzorek | | | | Trámeček | | | | | | | | | Průměrné prodloužení |
|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Označení | | | | T 1 | | | T 2 | | | T 3 | | | |
| Počáteční délka (mm) | | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Měření | Datum | Lab. tepl. | Vlhk. vzd. | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | Odečet mikrometru | Prodloužení | | |
| n | - | - | - | l_1 | Δl_1 | $\Delta l_1 \%$ | l_2 | Δl_2 | $\Delta l_2 \%$ | l_3 | Δl_3 | $\Delta l_3 \%$ | $\Delta l \%$ |
| den | dne | °C | % | μm | μm | % | μm | μm | % | μm | μm | % | % |
| 0 | 13.11 | 21 | 65 | 698 | 0 | 0,000 | 366 | 0 | 0,000 | 581 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 15.11 | 21 | 65 | 706 | 8 | 0,003 | 373 | 7 | 0,003 | 589 | 8 | 0,003 | 0,003 |
| 4 | 17.11 | 22 | 60 | 716 | 18 | 0,007 | 384 | 18 | 0,007 | 599 | 18 | 0,007 | 0,007 |
| 6 | 19.11 | 21 | 70 | 724 | 26 | 0,010 | 393 | 27 | 0,011 | 608 | 27 | 0,011 | 0,011 |
| 8 | 21.11 | 20 | 60 | 735 | 37 | 0,015 | 402 | 36 | 0,014 | 616 | 35 | 0,014 | 0,014 |
| 10 | 23.11 | 21 | 60 | 747 | 49 | 0,020 | 420 | 54 | 0,022 | 634 | 53 | 0,021 | 0,021 |
| 12 | 25.11 | 20 | 55 | 762 | 64 | 0,026 | 433 | 67 | 0,027 | 648 | 67 | 0,027 | 0,026 |
| 14 | 27.11 | 20 | 55 | 787 | 89 | 0,036 | 453 | 87 | 0,035 | 668 | 87 | 0,035 | 0,035 |

Průměrné prodloužení trámečků v % délky

0,035

